

Formation SIG – Bio-agresseurs



Méthodes et outils d'exploitation de données spatialisées Application aux études d'écologie et à la gestion des populations de bio-agresseurs

Valérie Soti et Sandrine Auzoux, UR AIDA
Pascal Degenne, UMR TETIS

du 4 au 8 Novembre 2013
Centre de Suivi Ecologique, Dakar

Système d'Information Géographique

Introduction

Système d'Information Géographique

3

- SIG : de quoi s'agit-il ?
- Information Spatiale / Géographique
- Fonctionnalités des SIG
- Les logiciels et leur évolution

SIG : de quoi s'agit-il ?

4

Outil logiciel dédié à la manipulation
d'information géographique

- Saisie
- Stockage et organisation
- Analyse
- Représentation

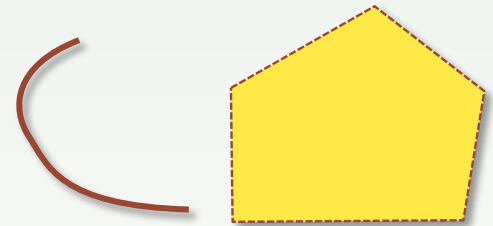
- Diffusion
- Simulation

Information Spatiale

5

Information relative à l'espace

- Dispose d'un repère dans l'espace
- Codage (informatique) de l'information spatiale
 - Objets ayant une forme
 - Espaces continus discrétisés
- Permet d'effectuer des opérations spatiales
 - Mesures : longueur, surface, distance, etc.
 - Comparaisons : intersection, inclusion, contact



Information Géographique

6

Information spatiale dans un repère géographique

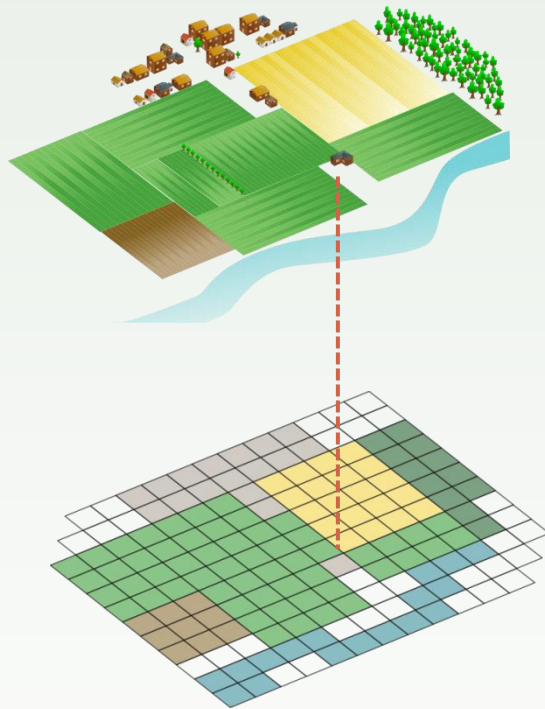


Les éléments d'information spatiale
correspondent à des objets à la surface de la terre

Information Géographique

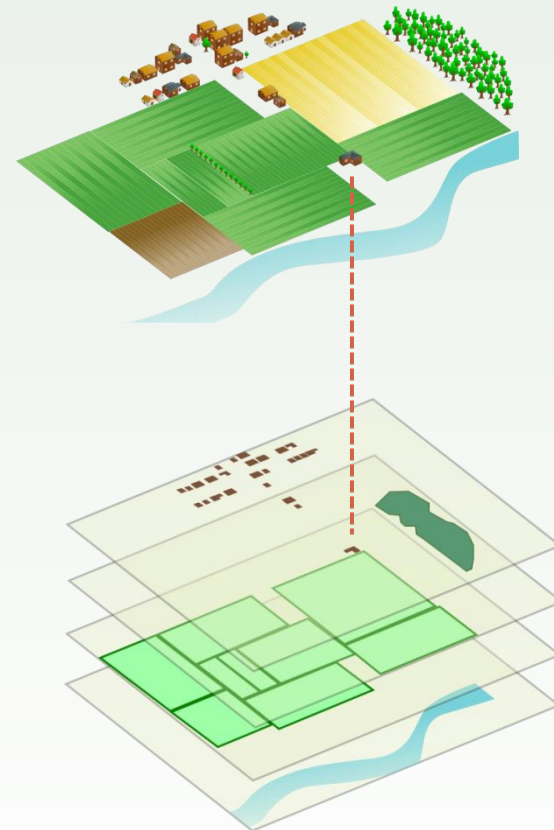
7

Espace continu discrétisé



Raster

Objets en couches thématiques



Vecteur

Fonctionnalités des SIG

8

- Saisie
- Stockage et organisation
- Analyse
- Représentation

Fonctionnalités des SIG

9

- Saisie

- Dessin sur un fond (image de télédétection, fond de carte)
- Importation et transformation (GPS, tableaux, images, ...)

- Stockage

- Dans des fichiers (vecteur, ou raster) géoréférencés
- Dans des bases de données

Fonctionnalités des SIG

10

- **Analyse**

- | | | |
|---------------------------------------------------------------------|---|--------------------------|
| ○ Où ? Où se trouve l'objet ? | ➡ | Répartition spatiale |
| ○ Quoi ? Que trouve-t-on à cet endroit ? | ➡ | Inventaires – conditions |
| ○ Comment ? Quelles relations entre les objets ? | ➡ | Analyse spatiale |
| ○ Quand ? Quand interviennent les changements ? | ➡ | Analyse temporelle |
| ○ Et si ... Que se passerait-il si tel scénario se produit ? | ➡ | Modélisation, simulation |

- **Représentation et diffusion**

- Rendu cartographique (papier, ou sur internet)
- Graphiques, tableaux

Les logiciels et leur évolution

11

- **Décennies 1960 et 1970**
 - Canada Geographic Information System : aide à la gestion de l'usage des sols
- **Décennies 1980 et 1990**
 - Apparition des premiers logiciels SIG commerciaux (ArcInfo, ArcView, Mapinfo)
 - Et des premiers SIG libres (Grass, Idrisi)
 - Les formats de données sont propres à chaque logiciel
- **Depuis 2000 ...**
 - Extension spatiales des bases de données relationnelles
 - Cartographie en ligne sur le web
 - Outils 3D
 - Importante évolution des capteurs de télédétection et du GPS

Les logiciels et leur évolution

12

- SIG « de bureau »

Licences propriétaires



Geoconcept



manifold.net

Licences libres



GRASS GIS

- Logiciels SIG « serveurs »

ORACLE
SPATIAL

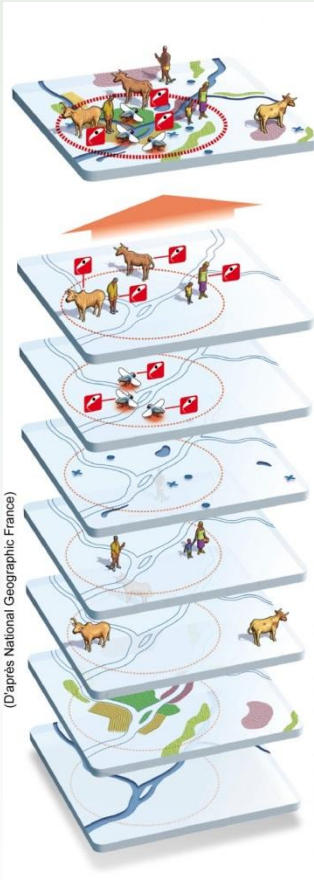


MapServer
open source web mapping

Système d'Information Géographique et gestion des bio-agresseurs des cultures

Fonctionnalités des SIG

14



- Saisie
- Stockage et organisation
- Analyse
- Représentation

SIG pourquoi faire ?

15

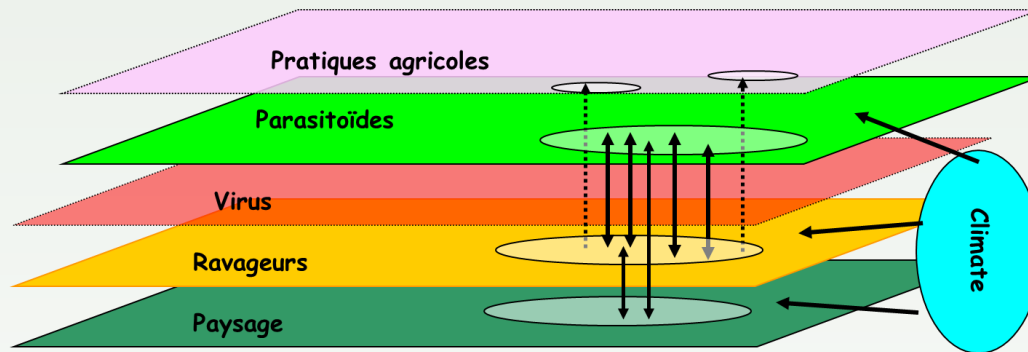
Les objectifs de la géomatique en agriculture sont de :

- Suivre l'évolution des cultures;
- Evaluer le rendement des cultures;
- Détecter et suivre les maladies et les infestations;
- Mesurer l'impact des pratiques agricoles;
- Contrôler et cibler les zones à traiter;
- Soutenir la prise de décision assurant la durabilité de l'agriculture...

SIG pourquoi faire ?

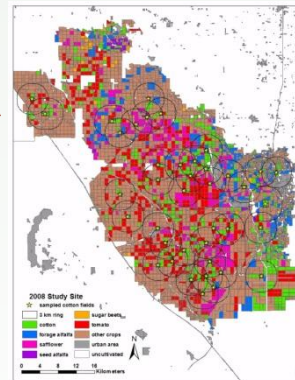
16

- Comprendre les interactions => Rendements/ Pratiques culturales / Maladies / Insectes / Paysages / Climats....



- Identifier des écosystèmes (structure, configuration spatiale) favorable à des phénomènes :
 - amplification des bio-agresseurs
 - émergence
- Outils d'aide à la gestion des bio-agresseurs

17



Calcul de variables environnementales

Variables	Sign of significant regression coefficients	
	Mid-June to mid-July	Mid-July to mid-August
Local variables		
Flowering date	+	+
Insecticide applications		-
Regional variables		
Cotton	- - -	- - -
Forage alfalfa	+ -	
Uncultivated habitats	-	- -
Safflower	+ + -	-
Seed alfalfa *	+	+ +
Tomato	-	

Le dendroctone du pin ponderosae (Mathis et al, 2002)

18

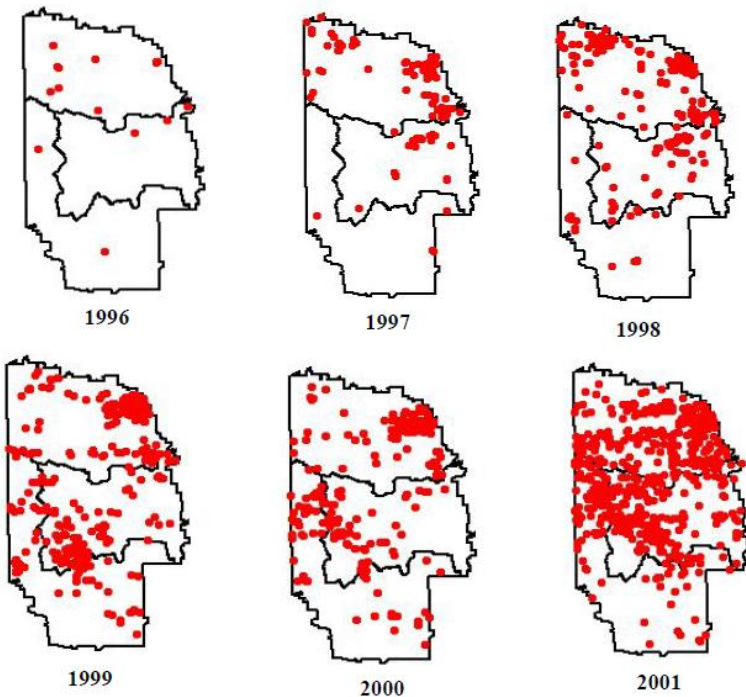


Figure 4. Black Hills National Forest Districts showing location of Mountain Pine Beetle Infestation from 1996 – 2001 (one point represents 10 dead trees).

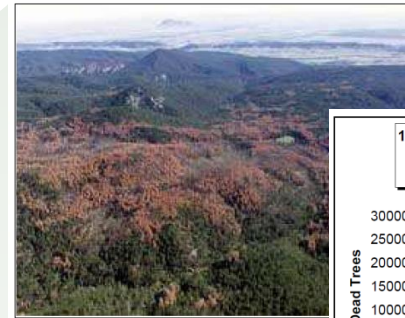
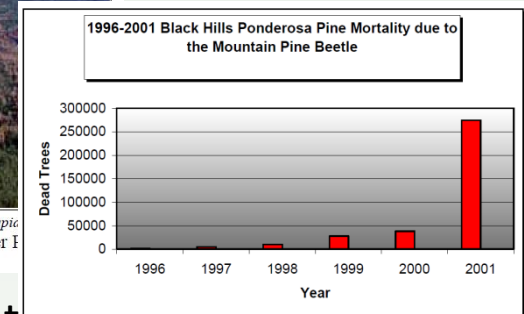


Figure 2. MPB outbreak near Beaver I



Densité, Age et
taille des pins



Modèle de
prédiction des
zones à risque

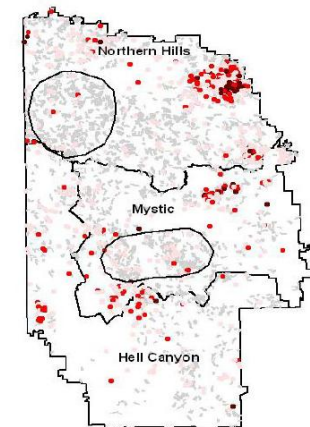
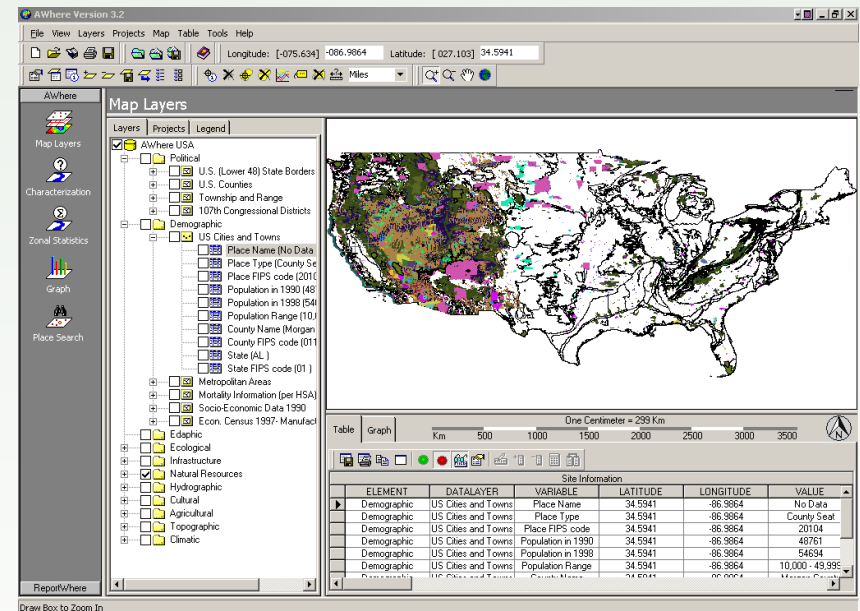
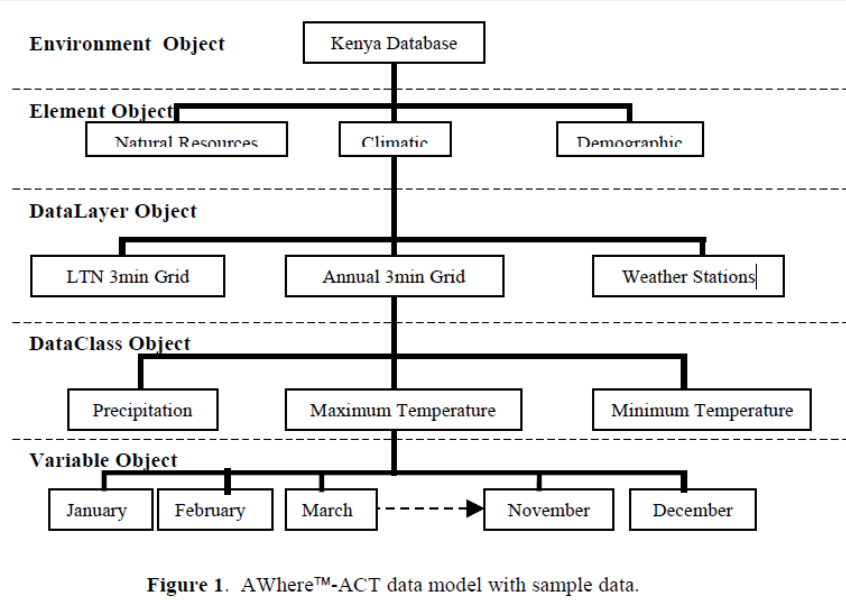


Figure 11. Overlay of MPB infestation severity centroid points and forest stands ranked as highly susceptible in the analysis grid.

AWhere-ACT

19

Awhere-ACT (Awhere Almanac Characterization Tool) est une application des systèmes d'information géographique (SIG) qui aide les agriculteurs africains à lutter contre le foreur du maïs et l'acarien vert du manioc.



<http://mud-springs-geographers-inc.software.informer.com/> en collaboration avec l'International Maize and Wheat Improvement Centre (CIMMYT)

Utilisation des NTIC*.pour optimiser les pratiques de pulvérisation et limiter la contamination de l'environnement (Rudnicki V. et al. 2009)

20

Exemple du projet AWARE

Objectif du système : lier les quantités de produits phytosanitaires épandus lors des traitements et les quantités retrouvées dans les eaux de surface, il faut pour cela connaître la répartition des produits lors de l'application entre la plante, le sol et l'air.

NTIC embarquées



- **Avant (aider)** => régler les débits en fonction des paramètres des parcelles (écartement, volume/Ha etc.), du climat (vent, humidité), type produit...
- **Pendant (visualiser)** => les paramètres de fonctionnement de la machine pendant le traitement; Enregistrer automatiquement la traçabilité du traitement phytosanitaire par le référencement GPS...
- **Après (transférer)** => générer automatiquement les cahiers de traitement.

Traitement des données d'application des produits

21

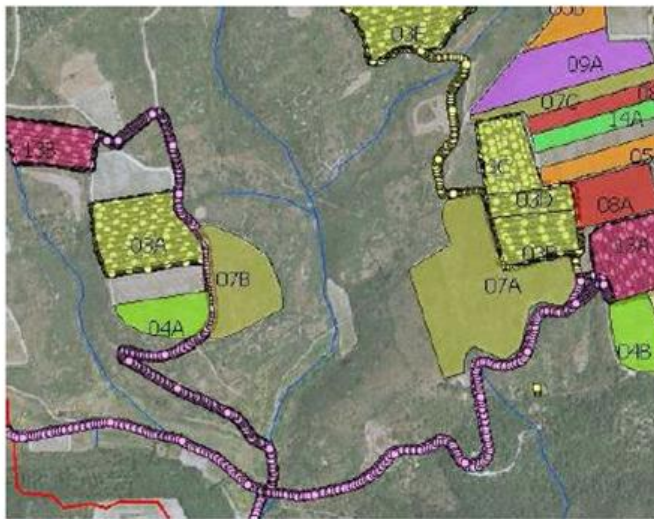


Figure 7: Extrait d'une vue du bassin-versant avec les trajets de 2 pulvérisateurs sur un fond photographique (© IGN 2002)

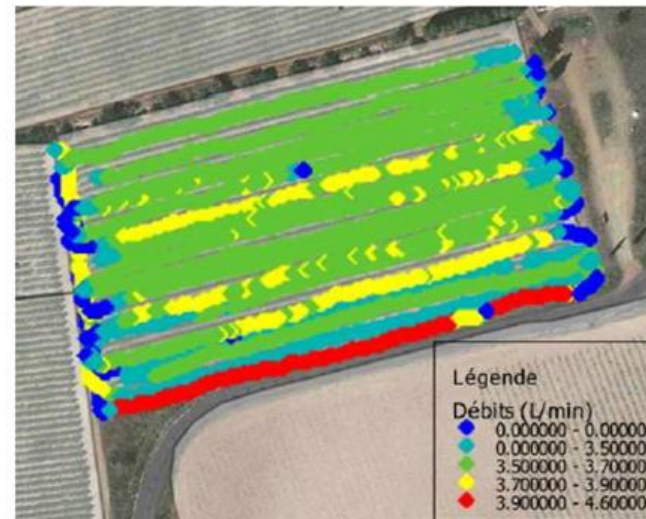


Figure 8 : Exemple de représentation des débits lors d'un traitement sur une parcelle dans un logiciel SIG

Informations enregistrées par le système AWARE:

- la position GPS (métrique) du pulvérisateur,
- les débits gauche et droit,
- le volume de bouillie restant dans la cuve
- les conditions météorologiques (température, hygrométrie, vitesse et direction du vent).

Cibler les zones de traitement contre les ravageurs du coton

22



Spatio-carte du delta du Mississippi, indiquant les zones les plus probables où les insectes pourraient attaquer. Source: Environmental Health Perspectives, Volume 108 (3), Mars 2000.

Généralités QGIS

23

- Au départ, QGIS était un logiciel de cartographie destiné à la visualisation des données de GRASS (Geographic Resources Analysis Support System). Aujourd'hui, **QGIS est un logiciel SIG multiplateforme** (Windows, MacOS X, linux) qui s'impose parmi les plus performants.
- Au travers d'une **interface graphique intuitive**, tous les outils de création de cartes et d'exploitation de données sont disponibles.
- QGIS est distribué sous la **licence GNU GPL** (General Public License) sur le site <http://www.qgis.org/>.
- QGIS incorpore des **extensions (plugins)** qui ajoutent de nouvelles fonctions dans le logiciel.

Formats QGIS

24

- QGIS respecte les normes de l'OGC (Open Geospatial Consortium) : <http://www.opengeospatial.org/>.

- QGIS prend en charge:

- Les **formats rasters** courants issus de la bibliothèque *utilitaires GDAL* (Geospatial Data Abstraction Library) tels que GeoTiff, TIFF, JPG, GIF, IMG, ECW ou Png etc.
- Les **formats vecteurs** courants issus de la bibliothèque *OGR* (sous ensemble de GDAL) qui inclut les fichiers de forme Shapefile, ArcInfo, Mapinfo, etc...
- Les **connexions aux SGBD** telles que PostgreSQL/PostGIS, SQLITE, MySQL, ODBC (Microsoft ACCESS) etc...
- Les **données géographique en ligne** provenant des services réseaux compatibles OGC comme le Web Map Service (WMS) ou le Web Feature Service (WFS)
- Les **fichiers GRASS**

Principales fonctions offertes par QGIS

25

- Fonctions d'**intégration** des données : *Importation et exportation des données provenant de GPS, digitalisation de cartes, géoréférencement, métadonnées et catalogage*
- Fonctions de **structuration** des données : *Gestion des tables et bases de données*
- Fonctions de **visualisation** des données : *affichage, symbolisation, labellisation, publication*
- Fonctions d'**interrogation** des données : *requêtes SQL attributaires et requêtes spatiales*
- Fonctions de **transformation** en vue d'analyse des données : *traitements géométriques (intersection, union, fusion, découpage...), calcul de distances et zones tampons, extraction de coordonnées.*
- Fonctions d'**automatisation des autres fonctions** : *langage de programmation Python à travers l'interface PyQGIS, macros, personnalisation interface*

Géoréférencement sous QGIS

26

- Les projections sont gérées par une librairie externe : **Proj4**.
- Système de projection par défaut lors de la création d'une nouvelle couche est **WGS84**
- QGIS permet également la **projection à la volée**, pour superposer des couches qui ne sont pas dans le même système de projection.
- On peut également **définir son propre système de projection** en définissant le nom et les paramètres liée aux coordonnées de projection.

Les extensions (plug-ins) QGIS

27

- Comme beaucoup de logiciels SIG, QGIS dispose d'un système d'extensions qui augmentent ses possibilités.
- Les extensions appartiennent à deux catégories :
 - les *extensions principales*, maintenues par l'équipe de développement de QGIS et intégrées automatiquement à chaque nouvelle distribution de QGIS.
 - Les *extensions complémentaires*, stockées dans des dépôts externes et maintenues par leurs auteurs.
- Le *Gestionnaire d'extensions* permet d'afficher les extensions principales.
- L'*installateur d'extensions* permet de télécharger et d'installer les extensions complémentaires.

Dépôts des extensions QGIS

28

- Voici quelques dépôts où sont stockés les extensions les plus couramment utilisées :
 - [Python Plugin Repositories](#) (site officiel de Quantum GIS)
 - [fTool de Carson Farmer's Repository](#) (contient le plugin [**manageR**](#) permettant d'intégrer des fonctions de R dans QGIS)
 - [Martin's QGIS plugins sandbox](#) (plugin permettant l'intégration de base de données PostGIS dans QGIS)
 - [Volkan Kepoglu's Repository](#) (plugin permettant d'apprendre facilement à programmer ses plugins propre plugins)
 - [Sourcepole repository](#) (plugin permettant d'intégrer OpenStreetMap, Google Maps, Yahoo Maps layers dans QGIS)

Ses propres extensions QGIS

29

- Développer ses extensions QGIS est un travail accessible lorsqu'on possède une certaine base en programmation Python et du fonctionnement des SIG en général.
- Voici quelques ressources incontournables si vous vous lancez dans cette aventure:
 - Ressources Python:
 - ✧ [Apprendre à programmer avec Python](#) de Gérard Swinnen
 - ✧ [GDAL-OGR, le couteau suisse du géomaticien](#) (site didactique sur les librairies Python GDAL et OGR)
 - ✧ [The PyQt4 Tutorial](#) (site didactique permettant d'apprendre la librairie PyQt4 permettant la création de widget et d'interfaces graphiques avec Python)
 - Ressources QGIS:
 - ✧ [Writing Python Plugin](#) (Tutoriel officiel d'OSGeo4W en anglais)
 - ✧ [Guide de Programmation et de Compilation de QGIS](#) (document officiel en anglais)
 - ✧ [Documentation de l'API de QGIS](#) (document officiel en anglais)
 - ✧ [Forum OSGeo4W - Quantum GIS](#) (forum officiel des utilisateurs de QGIS, en anglais. La meilleure place pour poser une question.)
 - ✧ [Forum GeoRezo - QGIS](#) (forum dédié à QGIS, en français)

Autres solutions QGIS (1/2)

30

- QGIS browser est une application qui permet de parcourir facilement vos bases de données, de prévisualiser vos données et leurs métadonnées. QGIS Browser fait partie de l'installation standard de QGIS.
- QGIS Server fournit un service web cartographique (WMS et WFS compatibles) utilisant les mêmes librairies que QGIS.

Créer un service WMS avec Qgis Server :

- Installer Qgis Server sur un serveur
- Copier-coller le projet Qgis et les fichiers de données dans répertoire du serveur
- Qgis Server et Qgis Desktop : *même moteur de rendu*

Autres solutions QGIS (2/2)

31

- Lizmap est une solution complète de publication de cartes et projets QGIS sur internet.



QGIS Desktop



1. Créez

Préparation des données

Le travail de construction de la carte se mène sur son propre ordinateur avec le **logiciel QGIS** dans sa **version bureautique** : *chargement des couches, création de la carte, organisation et mise en forme des données.*



LizMap Plugin



2. Publiez

Configuration & publication de la carte

Pour pouvoir **mettre en ligne sa carte**, l'utilisateur configure les options de publication (*échelles, fonds de carte, métadonnées*) du **plugin LizMap** dans son application QGIS. Il réalise ensuite une **synchronisation sécurisée** de son dossier de travail avec son serveur en intra- ou extranet.



LizMap Web Client



3. Partagez

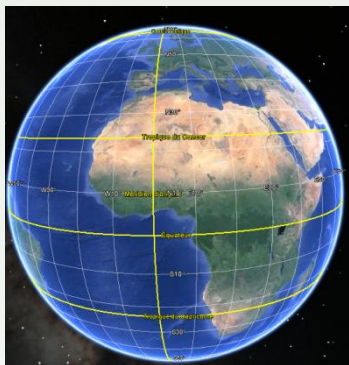
Visualisation des données

Lorsque la synchronisation est terminée, la carte QGIS est alors **accessible sur Internet à l'identique**. Elle est consultable sur l'**application LizMap Web Client** au travers des **navigateurs majeurs** (*Firefox, Safari, Chrome, Internet Explorer*).



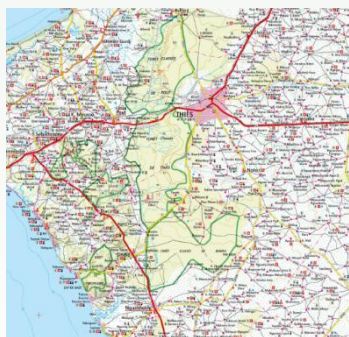
Systemes de coordonnées

Référentiels



1 . Les référentiels géographiques

Coordonnées de points
à la surface du globe (un ellipsoïde)



2. Les référentiels cartographiques

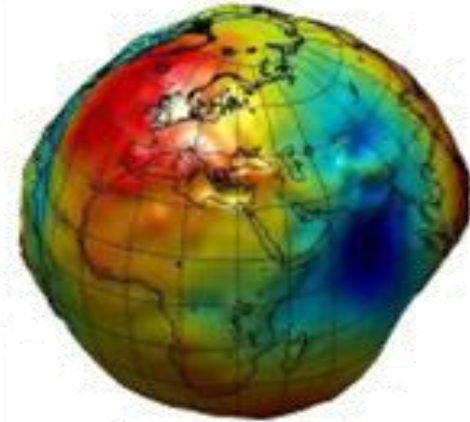
Coordonnées de points
à la surface d'une carte (un plan)

Les référentiels géographiques

34

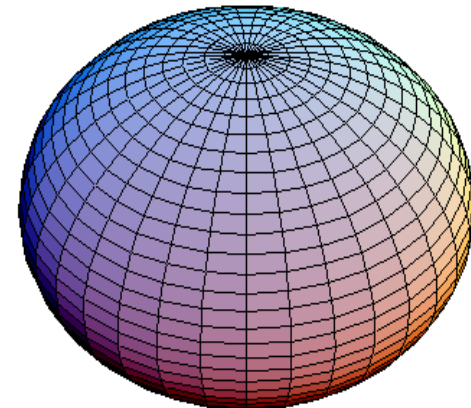
Géoïde

- Surface équipotentielle de gravité
- Coïncide au mieux avec le niveau moyens des océans



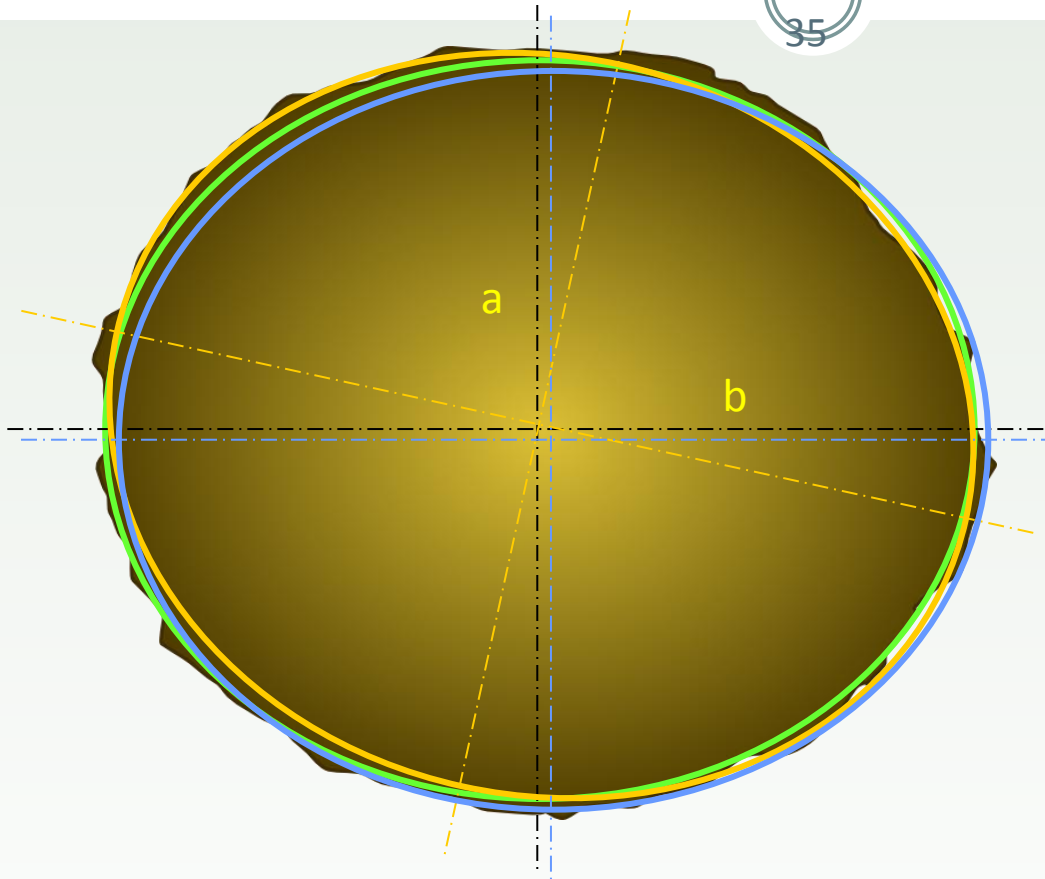
Ellipsoïde

- Ellipsoïde de révolution
- Surface mathématiquement simple
- Local ou global



Les référentiels géographiques

35



Ellipsoïde de référence

a : moitié du grand axe

b : moitié du petit axe

Translations

dx , dy , dz

Rotations

ex , ey , ez

Homothétie

K

Exemple :

Le Système WGS84 (*World Geodetic System 1984*) est basé sur
GRS80 (Geodetic Reference System 1980) : $a = 6\,378\,137.0$ m $b = 6\,356\,752.314$ m

Les référentiels géographiques



Dans un référentiel géographique

les coordonnées sont exprimées avec des angles
en degrés de latitude et longitude,
à la surface d'un ellipsoïde.

Soit en degrés, minutes, secondes:

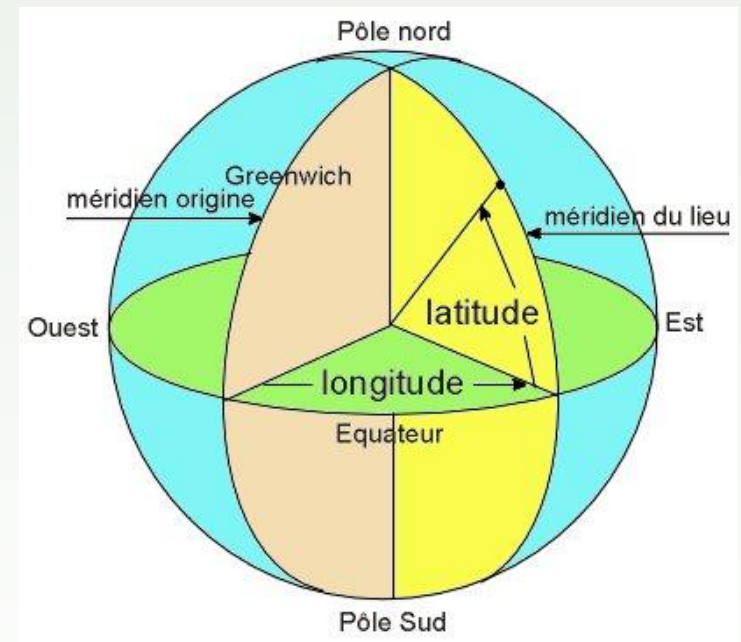
lat : 14°41'30.22" N

lon : 17°28'17.76" O

Soit en degrés et décimales de degrés :

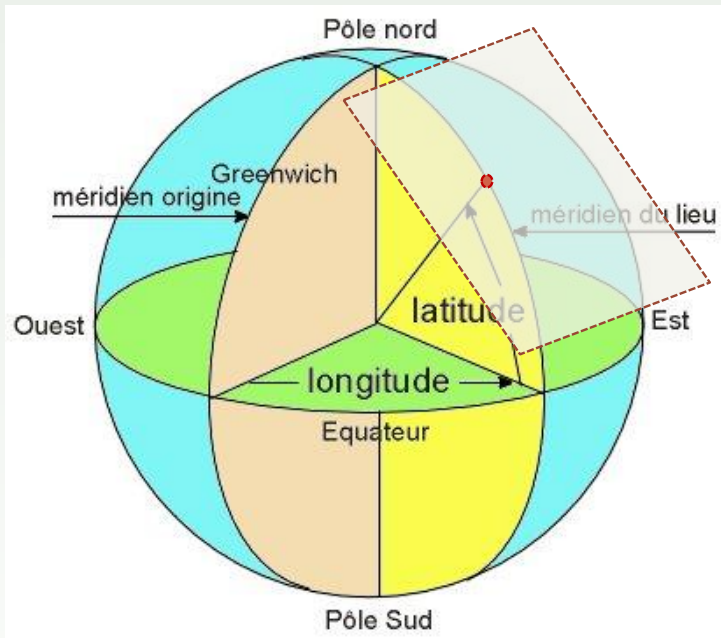
lat : 14.691729° N

lon : -17.471600° O

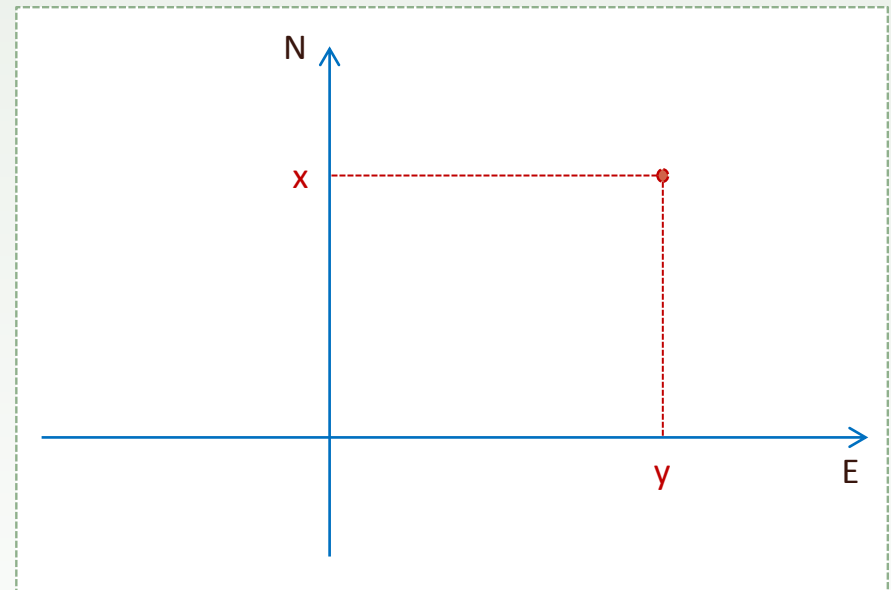


Les référentiels cartographiques

37



Coordonnées x,y sur un plan en mètres

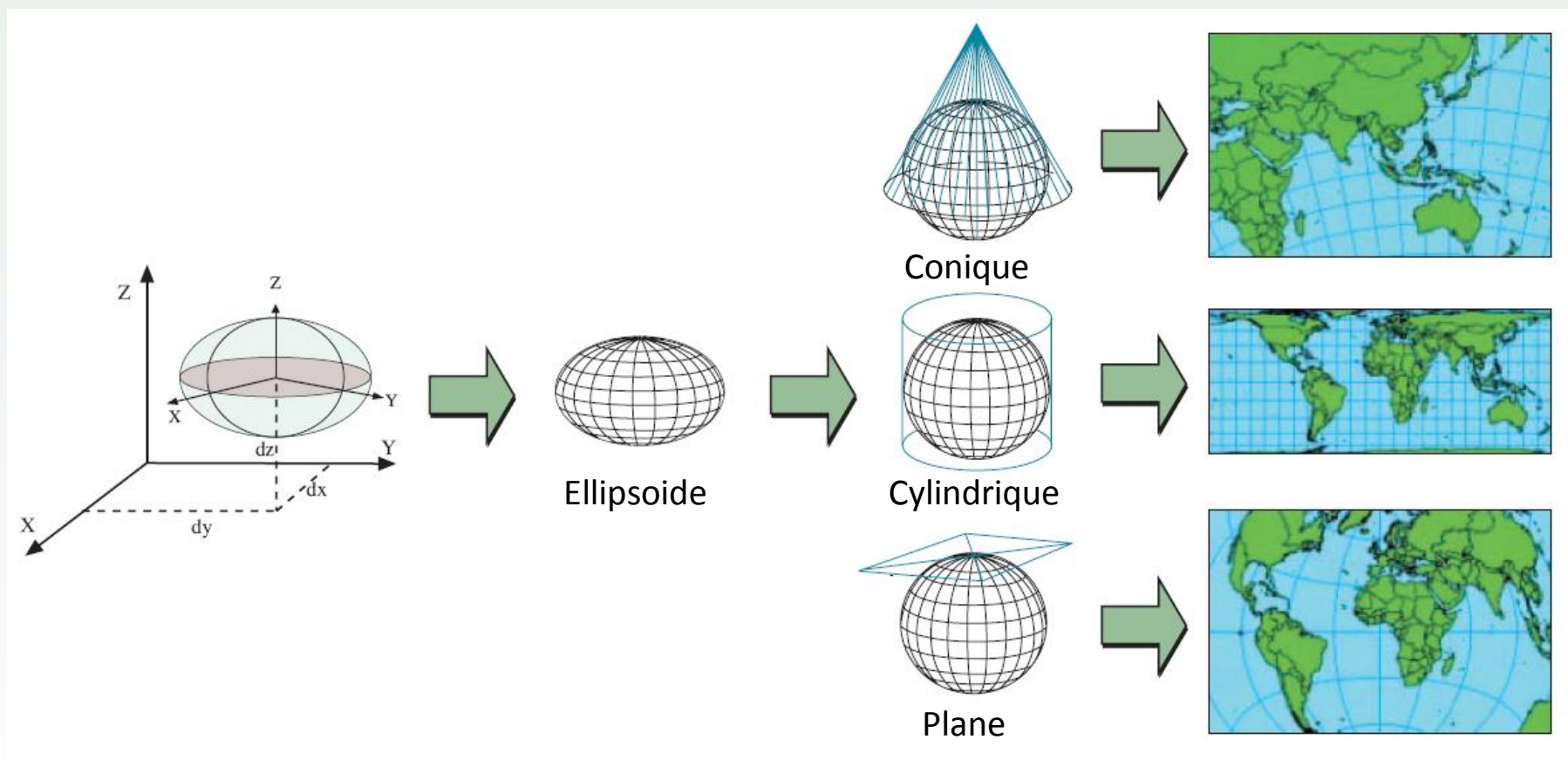


On doit effectuer une projection de l'ellipsoïde sur un plan

Les référentiels cartographiques

38

Projections



Map projections for Europe, IES, © European Communities 2003

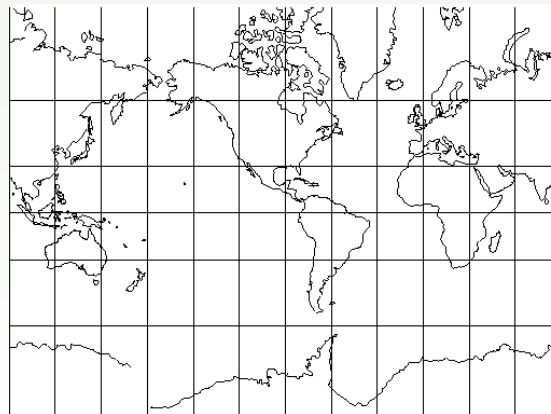
Les référentiels cartographiques

39

Propriétés des projections

Ces projections entraînent des déformations

- Les distances ne sont conservées qu'en certain point de la carte
- **Projection conforme :**
 - conservation des angles, distorsion des surfaces



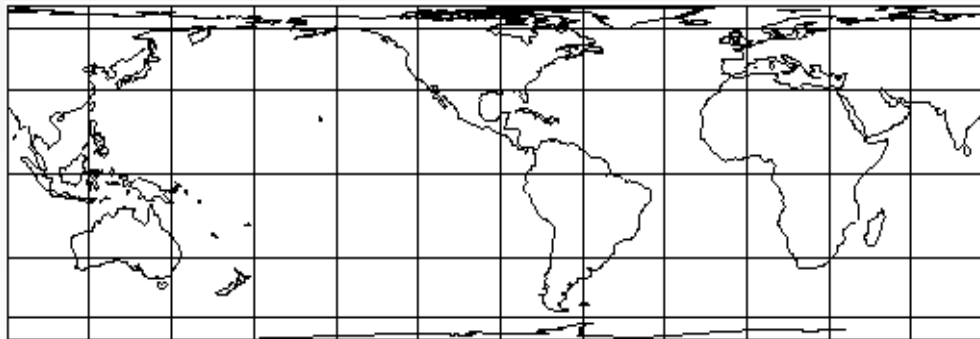
Les référentiels cartographiques

40

Propriétés des projections

Ces projections entraînent des déformations

- Les distances ne sont conservées qu'en certain point de la carte
- **Projection équivalente :**
 - **distorsion des angles**, **conservation des surfaces**



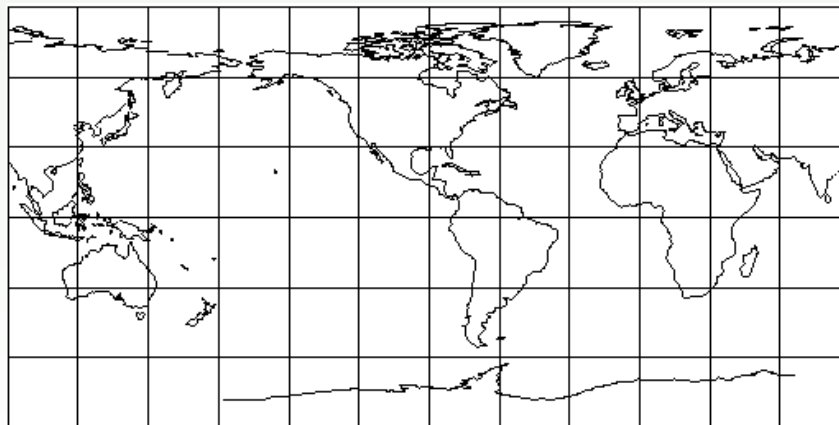
Les référentiels cartographiques

41

Propriétés des projections

Ces projections entraînent des déformations

- Les distances ne sont conservées qu'en certain point de la carte
- **Projection aphylactique :**
 - **distorsion des angles, distorsion des surfaces,** (plus esthétique)

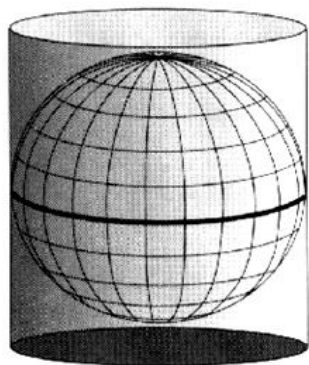


Les référentiels cartographiques

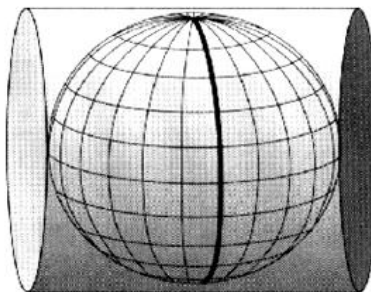
42

Orientation de l'axe de projection

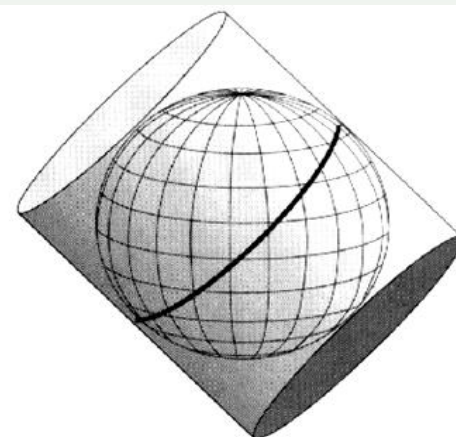
Directe



Transverse



Oblique



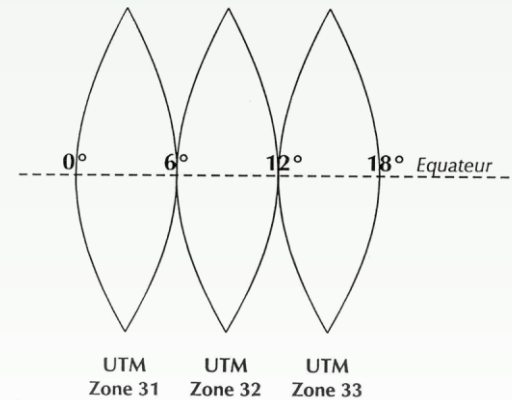
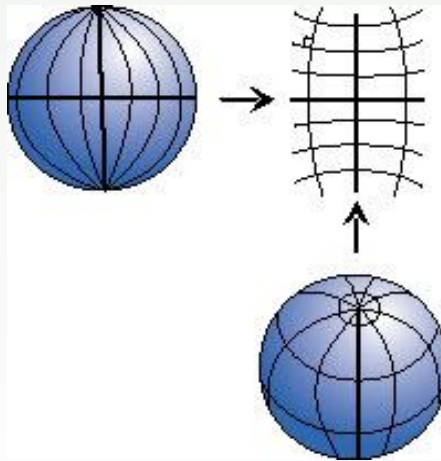
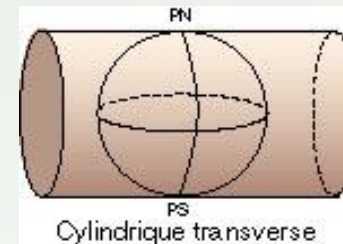
Exemple dans le cas d'une projection cylindrique

Les référentiels cartographiques

43

UTM : Universal Transverse Mercator

- Projection cylindrique transverse
- Terre divisée en 60 fuseaux



Les référentiels cartographiques

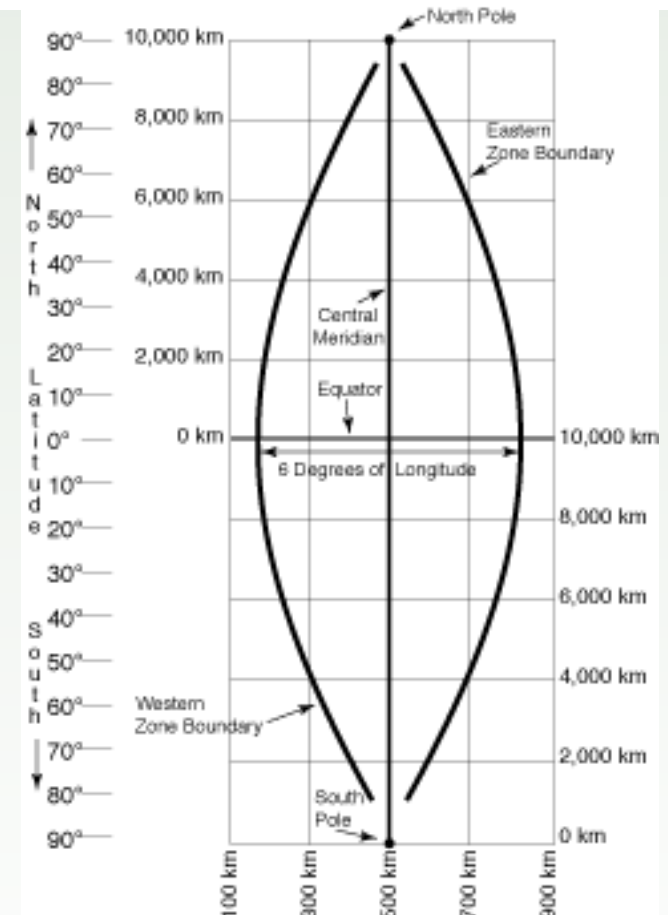
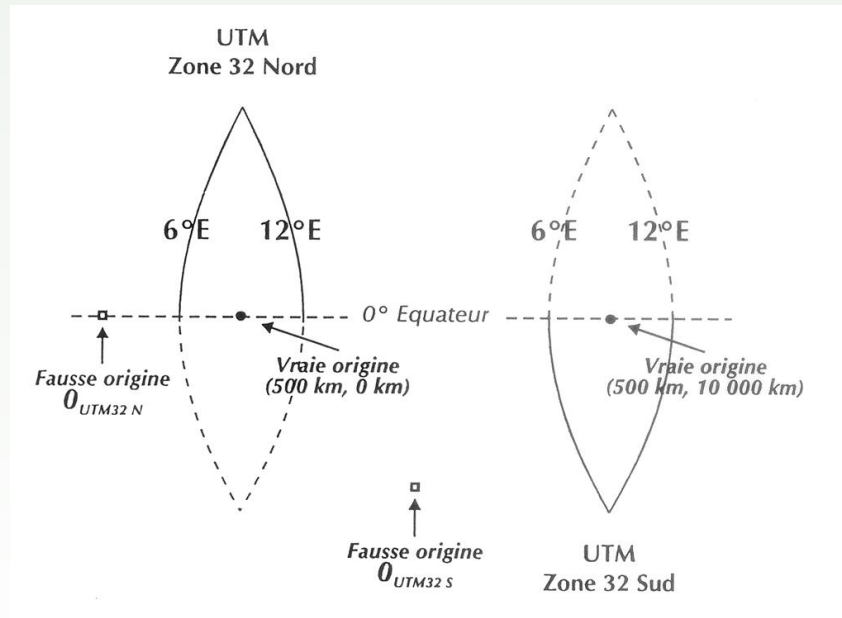
44

UTM : Universal Transverse Mercator

- Une origine décalée:

faux nord : 10 000 km

faux est : 500 km



Systèmes de coordonnées : code EPSG

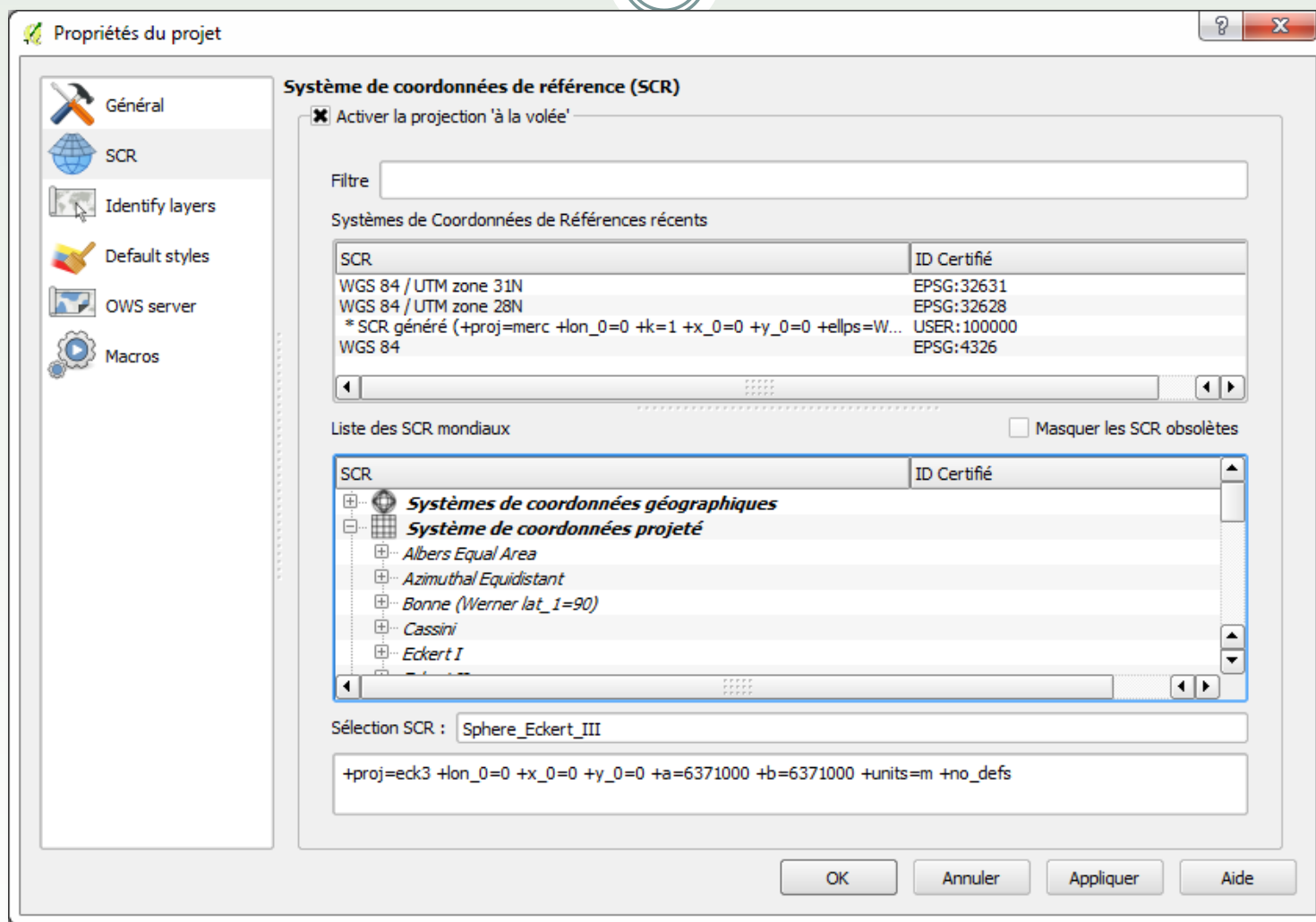
45

Codes EPSG (European Petroleum Survey Group)

EPSG	2970	PROJCS["Sainte Anne / UTM zone 20N",GEOGCS["Sainte Anne",DATUM["Sainte_Ann	+proj=utm +zone=20 +ellps=intl
EPSG	2971	PROJCS["CSG67 / UTM zone 22N",GEOGCS["CSG67",DATUM["Centre_Spatial_Guyan	+proj=utm +zone=22 +ellps=intl
EPSG	2972	PROJCS["RGFG95 / UTM zone 22N",GEOGCS["RGFG95",DATUM["Reseau_Geodesique	+proj=utm +zone=22 +ellps=G
EPSG	2973	PROJCS["Fort Desaix / UTM zone 20N",GEOGCS["Fort Desaix",DATUM["Fort_Desaix",s	+proj=utm +zone=20 +ellps=i
EPSG	2975	PROJCS["RGR92 / UTM zone 40S",GEOGCS["RGR92",DATUM["Reseau_Geodesique_de	+proj=utm +zone=40 +south -
EPSG	2976	PROJCS["Tahiti / UTM zone 6S",GEOGCS["Tahiti",DATUM["Tahiti",SPHEROID["Internatic	+proj=utm +zone=6 +south +e
EPSG	2977	PROJCS["Tahaa / UTM zone 5S",GEOGCS["Tahaa",DATUM["Tahaa",SPHEROID["Interna	+proj=utm +zone=5 +south +ell
EPSG	2978	PROJCS["IGN72 Nuku Hiva / UTM zone 7S",GEOGCS["IGN72 Nuku Hiva",DATUM["IGN	+proj=utm +zone=7 +south +ell
EPSG	2979	PROJCS["K0 1949 / UTM zone 42S",GEOGCS["K0 1949",DATUM["K0_1949",SPHEROID	+proj=utm +zone=42 +south +e
EPSG	2980	PROJCS["Combani 1950 / UTM zone 38S",GEOGCS["Combani 1950",DATUM["Comba	+proj=utm +zone=38 +south +e
EPSG	2981	PROJCS["IGN56 Lifou / UTM zone 58S",GEOGCS["IGN56 Lifou",DATUM["IGN56_Lifou",	+proj=utm +zone=58 +south +
EPSG	2982	PROJCS["IGN72 Grand Terre / UTM zone 58S",GEOGCS["IGN72 Grand Terre",DATUM["	+proj=utm +zone=58 +south +e
EPSG	2983	PROJCS["ST87 Ouvea / UTM zone 58S",GEOGCS["ST87 Ouvea",DATUM["ST87_Ouvea	+proj=utm +zone=58 +south +e
EPSG	2984	PROJCS["RGNC 1991 / Lambert New Caledonia",GEOGCS["RGNC 1991",DATUM["Res	+proj=lcc +lat_1=-20.6666666666
EPSG	2987	PROJCS["Saint Pierre et Miquelon 1950 / UTM zone 21N",GEOGCS["Saint Pierre et Mi	+proj=utm +zone=21 +ellps=c

Catalogue des référentiels dans QGIS

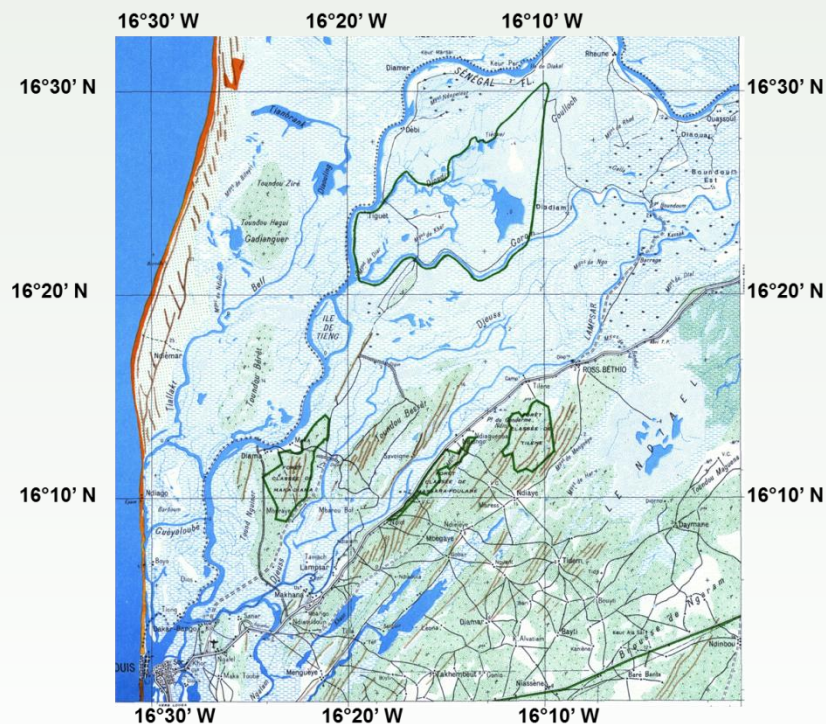
46



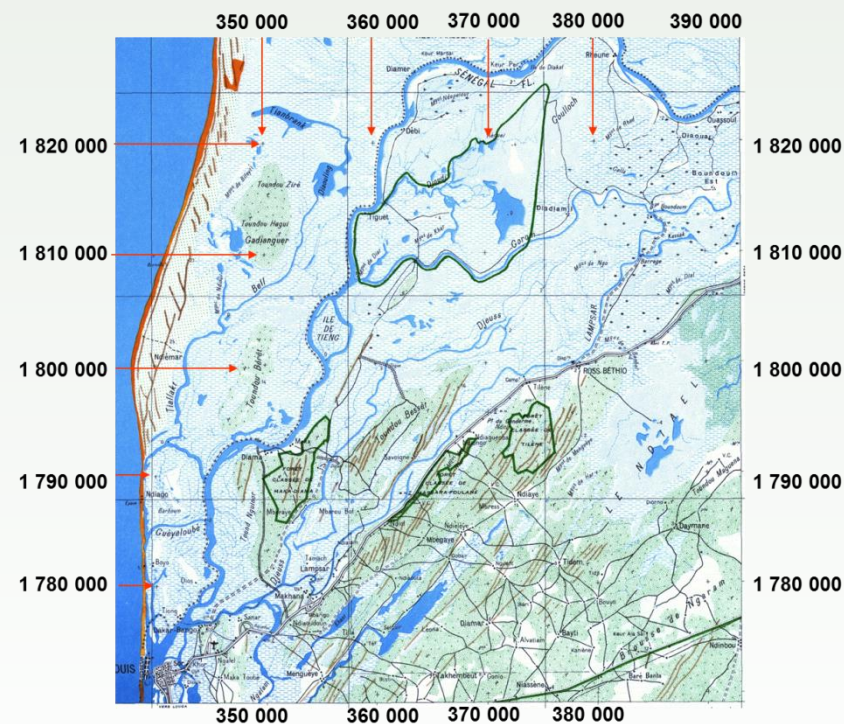
Les coordonnées sur les cartes

47

WGS 84
degrés, minutes



Projection UTM
mètres

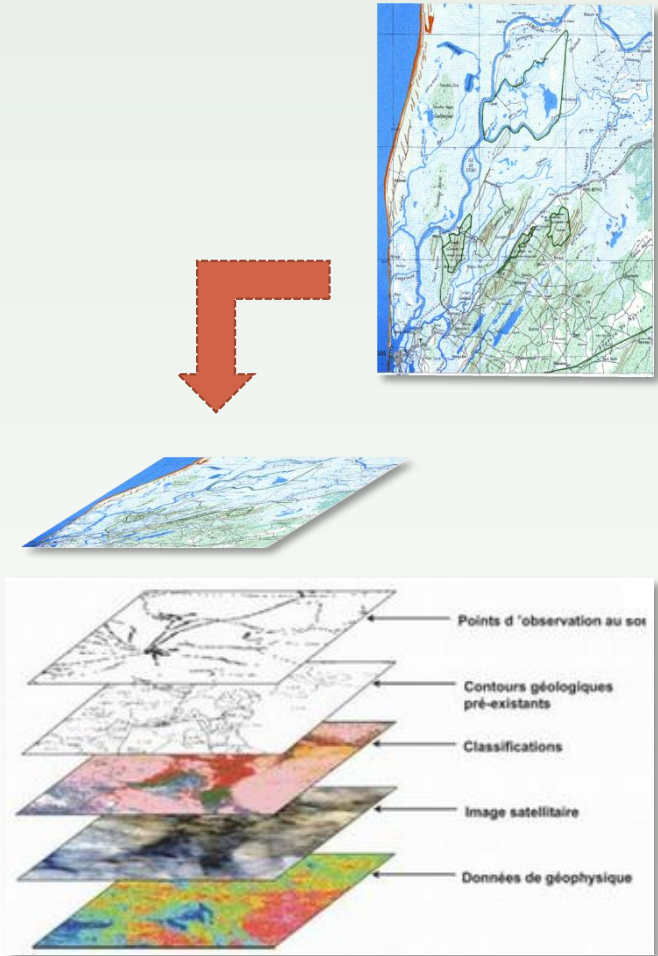


Géoréférencement

Géoréférencement

49

- Référencer un document dans un système de coordonnées
- Peut nécessiter des transformations :
 - Mise à l'échelle
 - Translation
 - Rotation
 - Déformations



Etapes du géoréférencement

50

1. Prise de points d'appuis
2. Choix d'un modèle de correction géométrique
3. Estimation de l'erreur quadratique moyenne (RMS)
 - Ajout /correction / suppression de points d'appuis
4. Application de la transformation
 - Choix de la méthode d'interpolation
5. Enregistrement du fichier géoréférencé

Prise de points d'appuis

51

- Sur des points dont on connaît les coordonnées

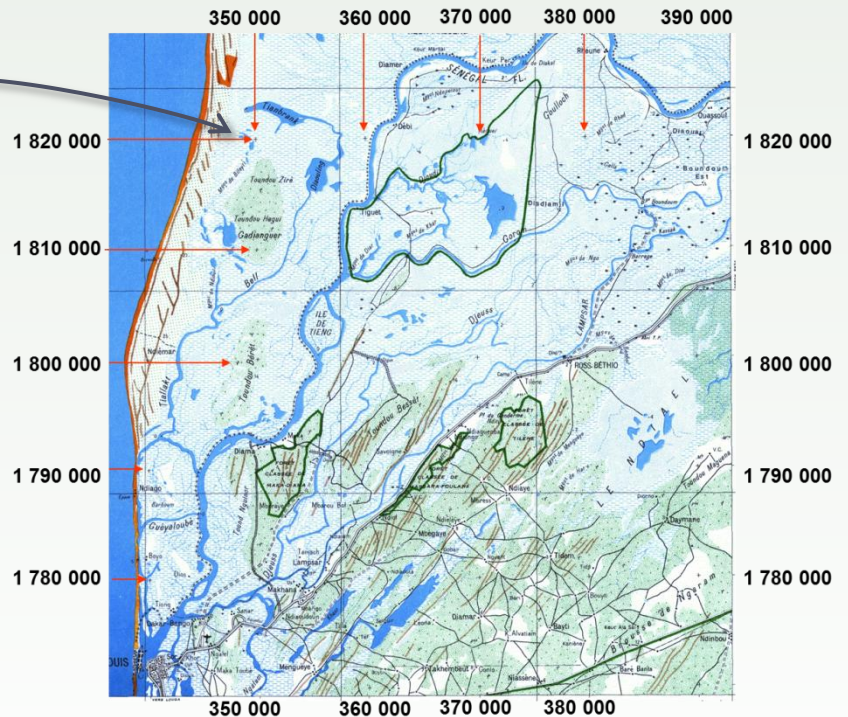
Saisir les coordonnées de la carte

Entrez les coordonnées X et Y (DMS (dd mm ss.ss), DD (dd.dd ou projetées (mmmm.mm)) qui correspondent au point sélectionné sur l'image. Vous pouvez aussi cliquer sur le bouton avec un icône de crayon puis cliquer sur l'emplacement correspondant sur la carte affichée dans QGIS pour remplir les champs de coordonnées du point.

X / Est : 1820000 Y / Nord : 350000

☐ S'accrocher aux couches d'arrière-plan

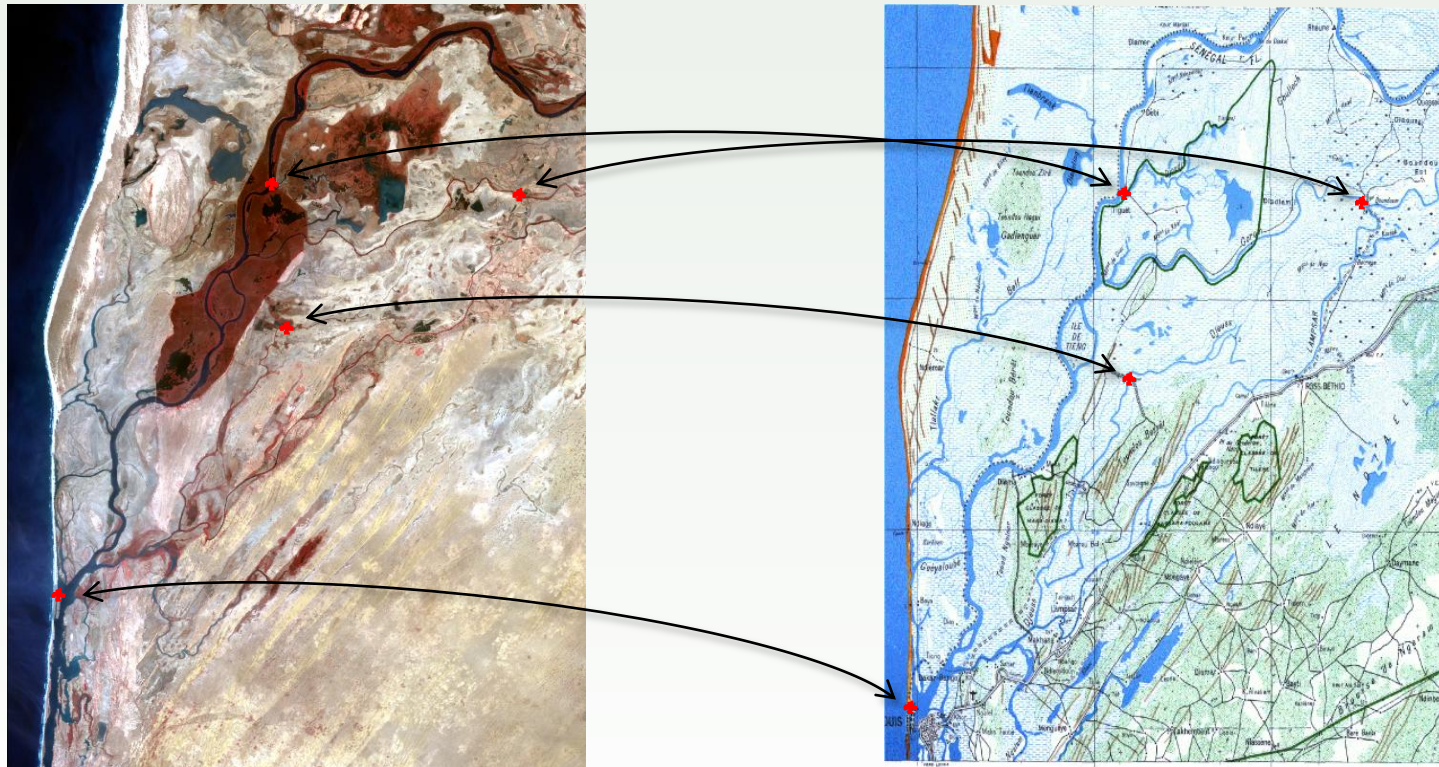
OK Depuis le canevas de la carte Annuler



Prise de points d'appuis

52

- Sur des points identifiables d'un document de référence



Modèles de correction géométrique

53

Transformation polynomiale : ordre 1



$$\begin{aligned} X &= a_0 + a_1 x + a_2 y \\ Y &= b_0 + b_1 x + b_2 y \end{aligned}$$



a_0 et b_0 : coefficients de translation

a_1, b_1, a_2, b_2 : facteurs d'échelle,
de rotation,
et de cisaillement



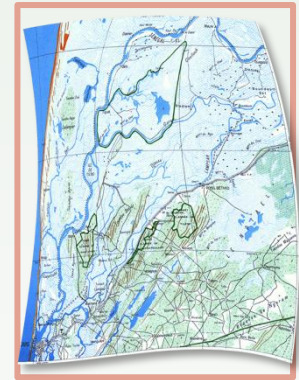
Modèles de correction géométrique

54

Transformation polynomiale : ordre 2



$$\begin{aligned} X &= a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 x^2 + a_4 xy + a_5 y^2 \\ Y &= b_0 + b_1 x + b_2 y + b_3 x^2 + b_4 xy + b_5 y^2 \end{aligned}$$



Favorise les transformations locales

Déformations plus complexes

Modèles de correction géométrique

55

Transformation polynomiale : ordre K

Nécessite au moins N points d'appuis

$$\text{avec } N = (K+1)(K+2)/2$$

pour calculer les coefficients de transformation

Ordre 1 : au moins 3 points d'appuis

Ordre 2 : au moins 6 points d'appuis

Modèles de correction géométrique

56

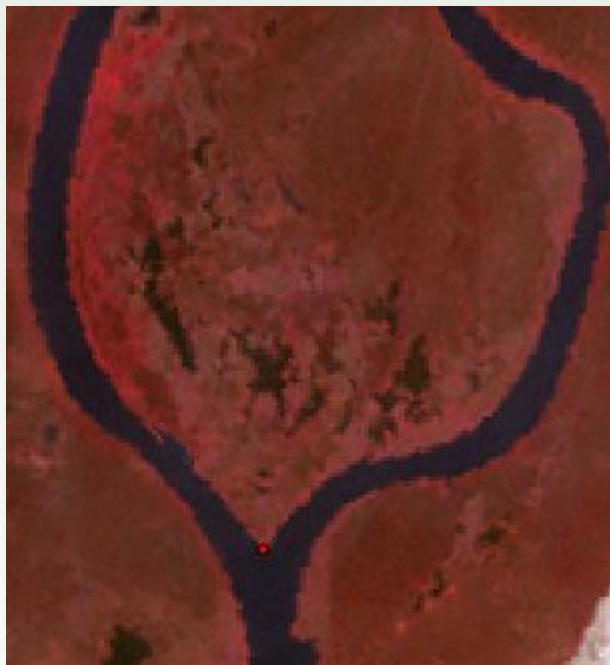
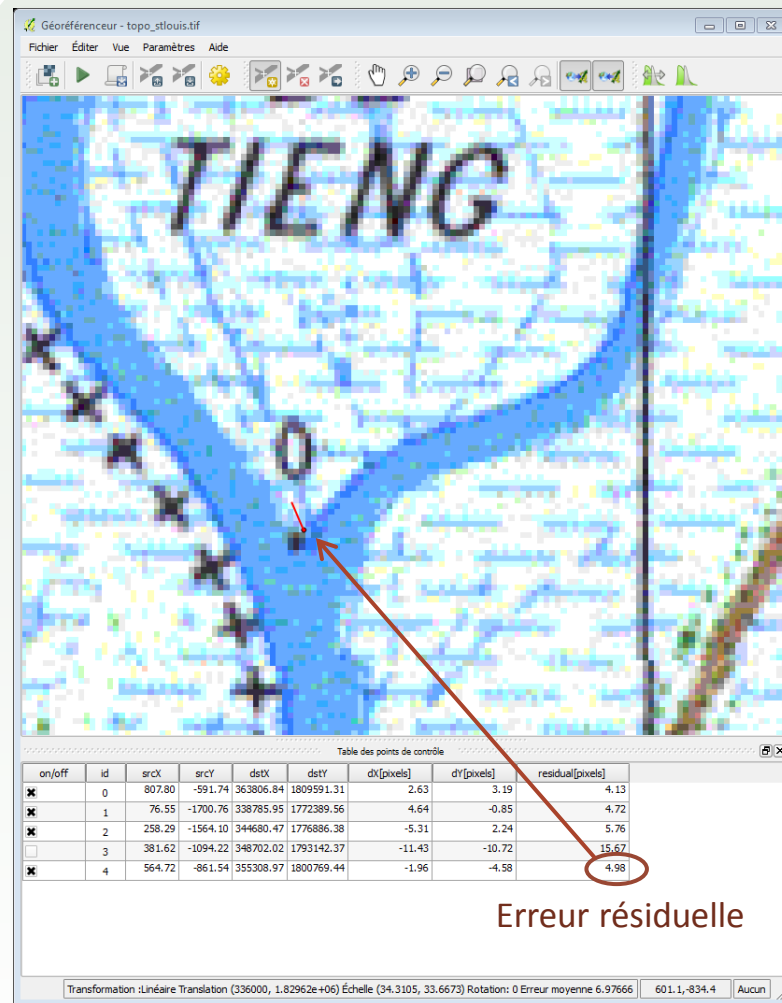


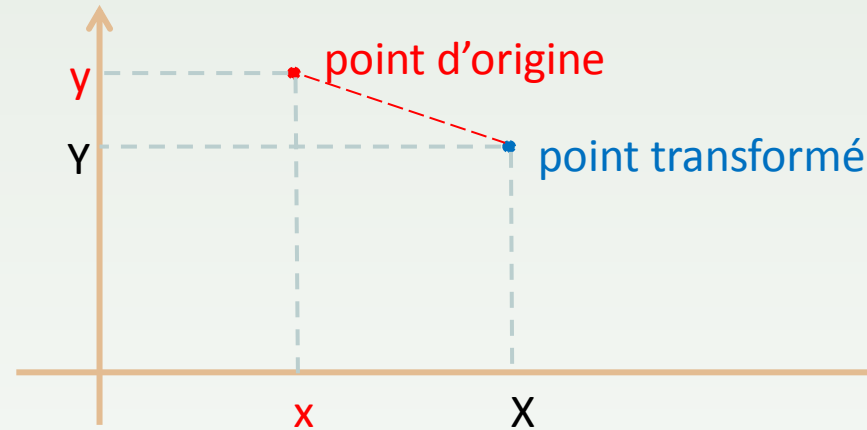
Image de référence



Erreur résiduelle

Estimation de l'erreur quadratique

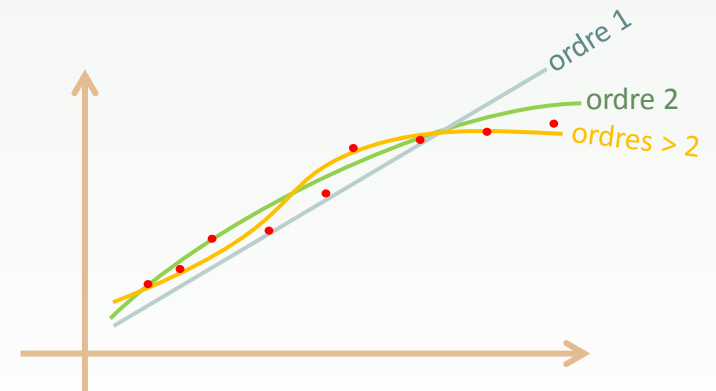
57



$$\text{Erreur résiduelle au point } i : s(i) = \sqrt{(X - x)^2 + (Y - y)^2}$$

Erreur quadratique moyenne sur n points :

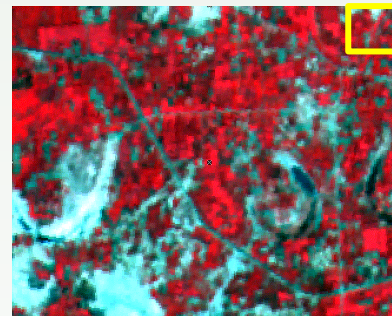
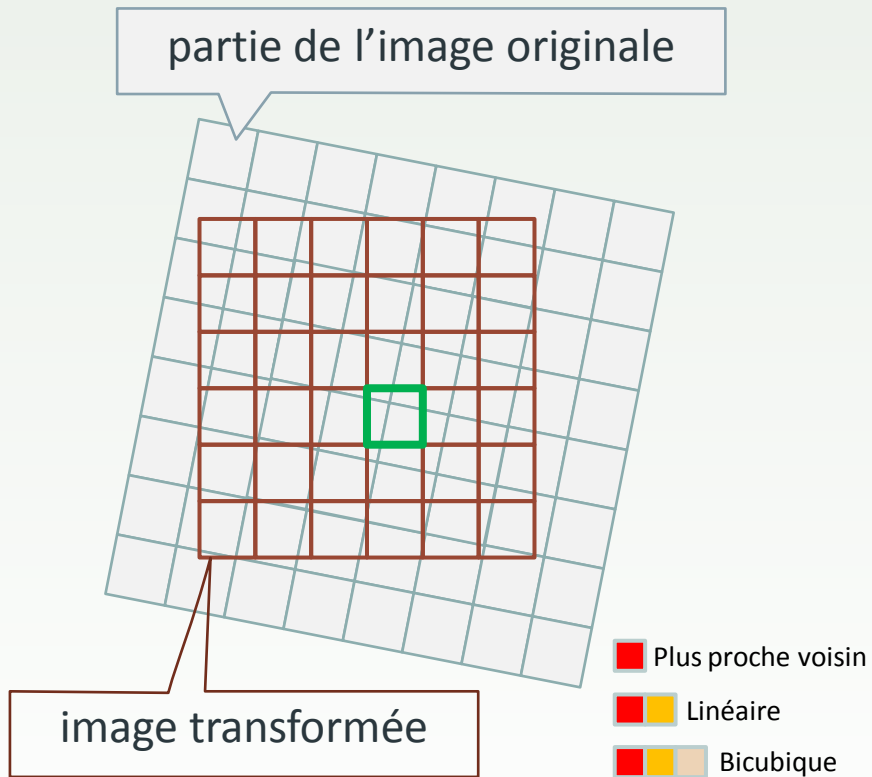
$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n s(i)^2}{n}}$$



Méthode d'interpolation

58

Re-échantillonnage et création de l'image transformée.



Plus proche voisin



Bicubique

Préparation à la mission de terrain au Lac Rose au Sénégal

Préparatifs avant le terrain (1)

60

- **Qu'est-ce que je cherche à cartographier ?**

Ensemble et/ou sous ensemble : Végétation naturelle/semi-naturelle; Vgt. annuelles/pérennes; Vgt. arborée/herbacée, Vgt. dense/peu dense ? Contour des parcelles ? Identification à l'échelle de l'espèce ? Eléments de géologie, topographie ?

- **Quelle est la superficie moyenne des objets d'étude ciblés?**

- **Quelle est la résolution du GPS ?**

- Garmin entre 1 et 6 m
- Trimble entre 1 et 3 m

- **Quel support cartographique et à quelle résolution spatiale?**

- Carte IGN, fonds de carte Garmin, Google Earth, NoniPlotView
- Format numérique - papier
- Image satellite : gratuite ou non

Ex : Quickbird (2.65 m de résolution) : permet de cartographier un arbre ou une maison isolée

- **Quelle est la date du support cartographique ?**

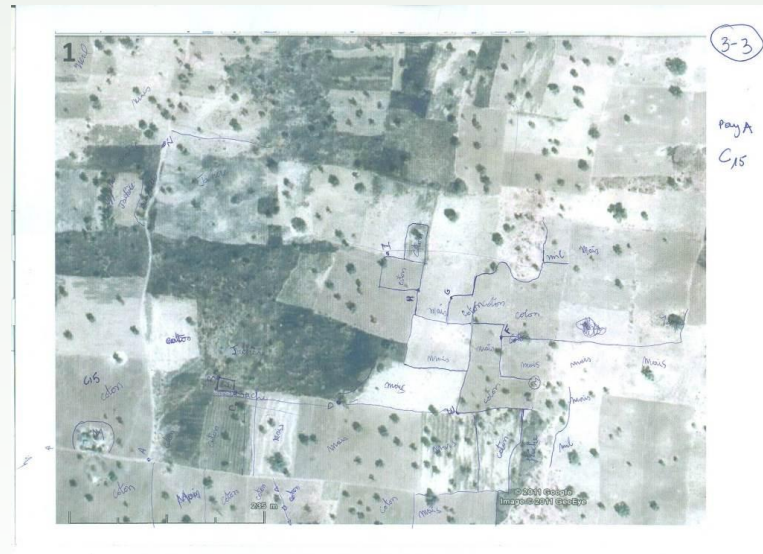
Réaliser la fiche terrain (2)

61

➤ Une seule feuille et un maximum d'informations :

Coordonnées géographiques, jour, lieux si possible, croquis, photo avec points, GPS et orientation;
Description de la végétation (espèces, densité, hauteur...)

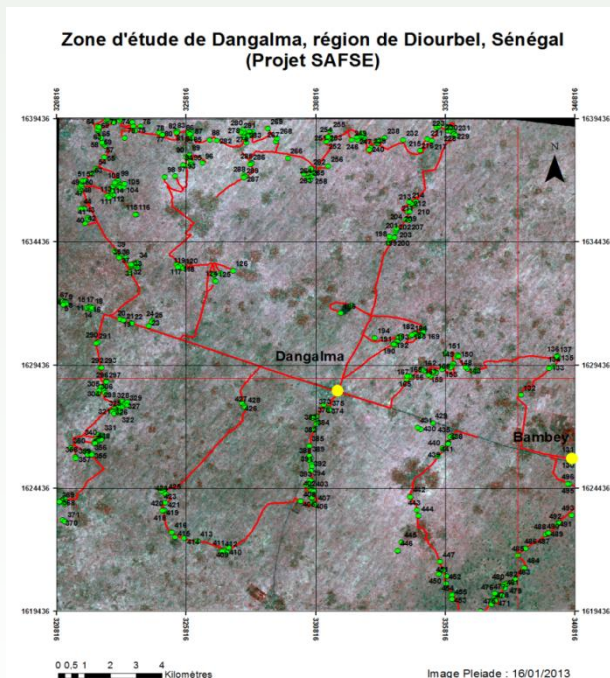
Relevés de végétation																											
N° de dalle : <i>Damara</i>																											
Date : <i>10 Sept 2012</i>																											
Heure : <i>18h30</i>																											
N° Photo	Orientation																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Points GPS</th> </tr> <tr> <th>N°</th> <th>X (m) Long</th> <th>Y (m) Lat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>42</td> <td>480467</td> <td>1226987</td> </tr> <tr> <td>43</td> <td>480458</td> <td>1226989</td> </tr> <tr> <td>44</td> <td>480451</td> <td>1226884</td> </tr> <tr> <td>45</td> <td>480448</td> <td>1226826</td> </tr> <tr> <td>46</td> <td>480511</td> <td>1226989</td> </tr> </tbody> </table>							Points GPS			N°	X (m) Long	Y (m) Lat	42	480467	1226987	43	480458	1226989	44	480451	1226884	45	480448	1226826	46	480511	1226989
Points GPS																											
N°	X (m) Long	Y (m) Lat																									
42	480467	1226987																									
43	480458	1226989																									
44	480451	1226884																									
45	480448	1226826																									
46	480511	1226989																									
Description graphique 																											
Substrat :																											
Type de végétation																											
Culture	VGT herbacée	VGT herbacée	VGT herbacée	Hauteur	Densité	Espacement																					
<i>Coton</i>				<i>1m</i>	<i>100%</i>																						
Type :																											
<ul style="list-style-type: none"> - Plusieurs parcelles (3) - précédant tomates entouré de Plais 																											
Autres remarques :																											



Préparer la carte pour la navigation sur le terrain

62

- Une carte papier ou image satellite imprimée en grand format ou au format A3
- Si le GPS dispose d'un grand écran, charger le fond cartographique au format Jpeg 2000 ou autre...
- Insérer éventuellement des points que vous jugerez importants d'aller observer (pensez à les numérototer et à les charger dans le GPS)



Fonction « Go To » / »Aller vers »



Méthode de relevés de végétation sur le terrain et ses difficultés

63

Outils :

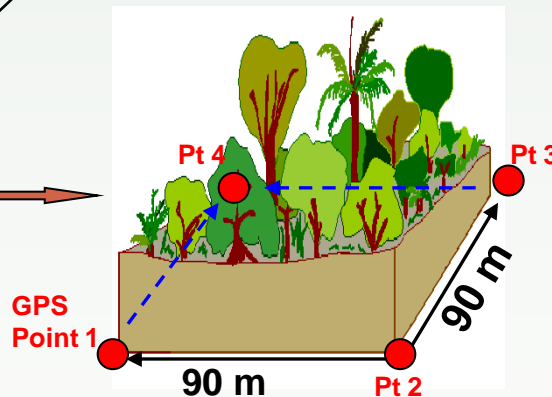
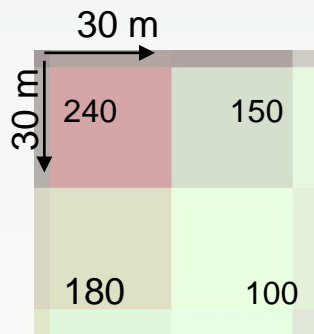
- Image Landsat 2003
- Classification 2003
- GPS
- Fiches terrains



Difficultés :

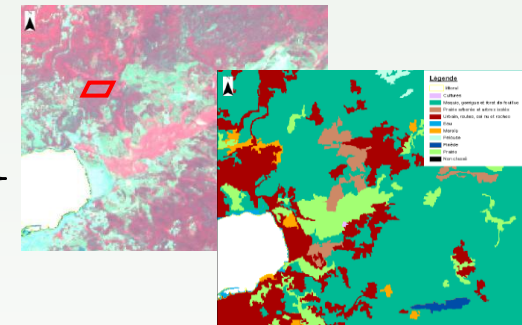
- Choix des sites/Temps
- Hétérogénéité du paysage
- Végétation disparue en saison sèche
- Difficulté du terrain en saison des pluies

Mixel ????



But : recherche de parcelle
« homogène » sur le terrain

1) Classification supervisée



2) Matrice de confusion

[illegible]

- ✓ Partir à la même saison que la prise de vue
- ✓ Prévoir la moitié des relevés qui serviront à la matrice de confusion

- ✓ Le soir, téléchargez les points sur votre PC
- ✓ De retour, organisez la base de données dans un SIG

A vous de jouer maintenant...

64

- 1) **Présentation du contexte de l'étude**
- 2) **Choix des classes d'objets à relever**
- 3) **Elaboration de la fiche terrain**
- 4) **Importation du fond cartographique dans le GPS**
- 5) **Aller sur le terrain et collecter des informations avec le GPS**

Formation SIG : cas d'étude

65

La teigne du chou dans la zone maraîchère des Niayes



Pratiques, paysage et régulation écologique

66

Pratiques
culturales



Paysage

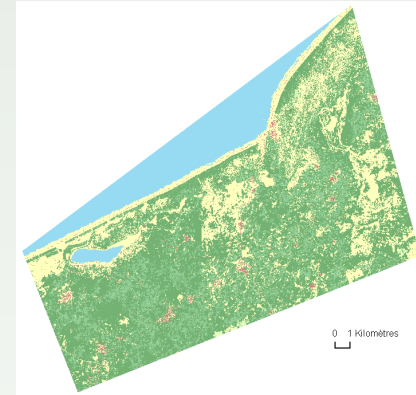


Ennemis naturels

Démarche méthodologique

67

1. Sélection des parcelles



2. Au champ: comptage des larves/nymphes sur les choux
3. Au labo: suivi du parasitisme

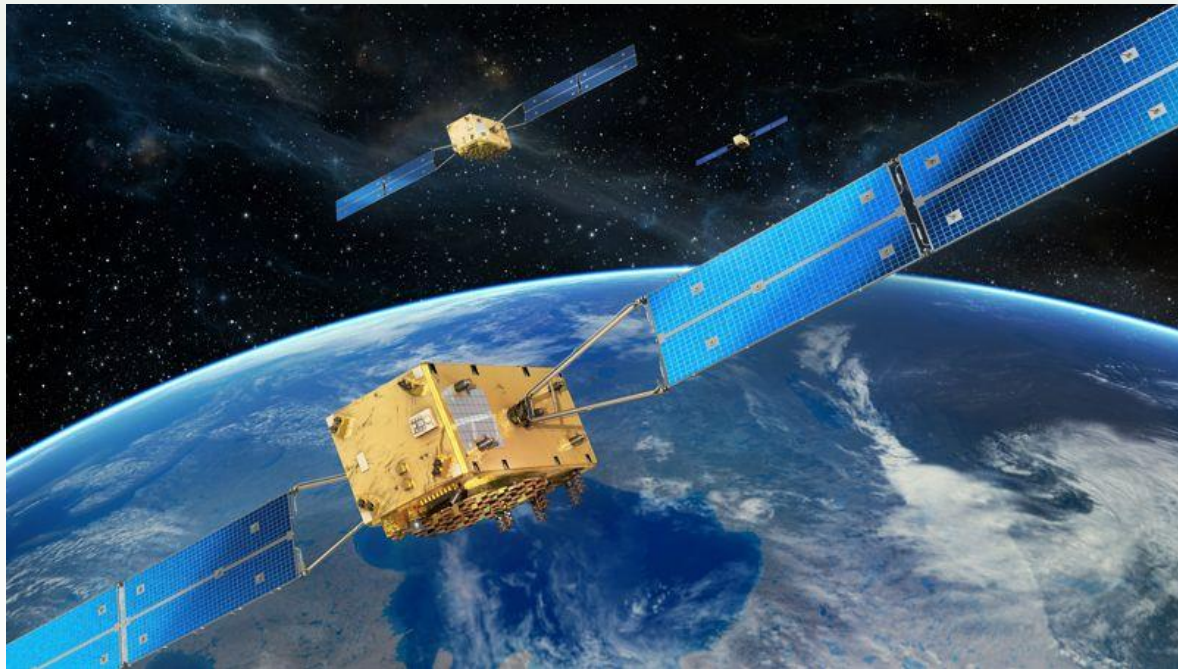
Variables à expliquer
(% choux infestés, taux de parasitisme)

4. Enquête sur les pratiques
5. Analyse paysagère

Variables explicatives
(contexte paysager, pratiques)

Le système GPS

68



Origine du système

69

- **Quelle est ma position à la surface de la terre ?**
 - Une question ancestrale
 - De nombreuses solutions trouvées, mais avec des contraintes
- **Déterminer sa position**
 - En 3 D (syst. de trilatération), en tout point du globe, à tout moment, en toute condition (nuits, par tout temps...)
 - Dans un système de référence absolu
- **Système NAVSTAR – GPS**
 - NAVigation System with Time And Ranging – Global Positionning System, initié en 1973
 - Basé sur la mesure des temps et des distances
 - Système de référence à l'échelle du globe

Capacités du système

70

- **Système conçu par et pour les militaires américains**
 - Par le département américain de la Défense, au début des années 70
 - Moyens : 12 milliards de dollars
 - Opérationnel depuis 1993
- **Accès aux utilisateurs civils**
 - Gratuit
 - Mais restrictions quant à la précision
- **Un système complexe**
 - Basé sur des signaux en provenance des satellites
- **Mais une utilisation simple**
 - Car récepteurs passifs
 - Précision variable et modulée
- **Un équivalent d'origine russe : le système GLONAS initié en 1976**
- **Un « concurrent » européen Galileo, en test actuellement**

Logistique du nouveau système

71

Trois ensembles de matériels, de logiciels et de personnes

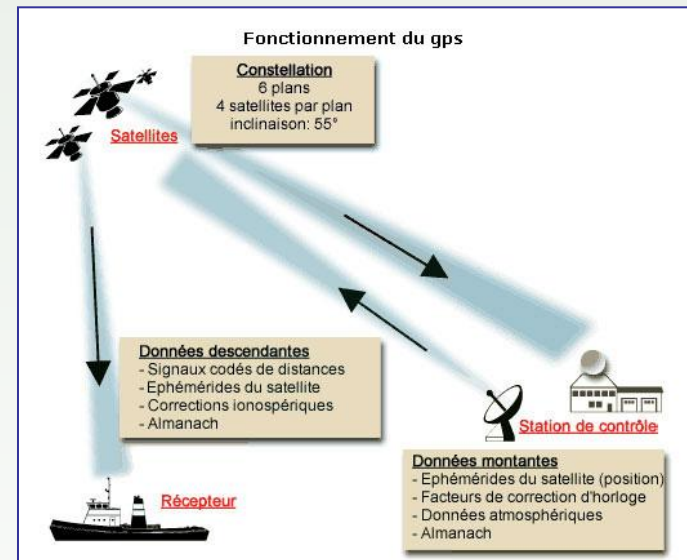
I. Le segment spatial

C'est l'ensemble des satellites qui diffusent des signaux radio

II. Le segment de contrôle

Constitué par des stations de contrôle au sol, réparties sur la planète

Vérifient et corrigent le comportement des satellites (orbites, horloges)



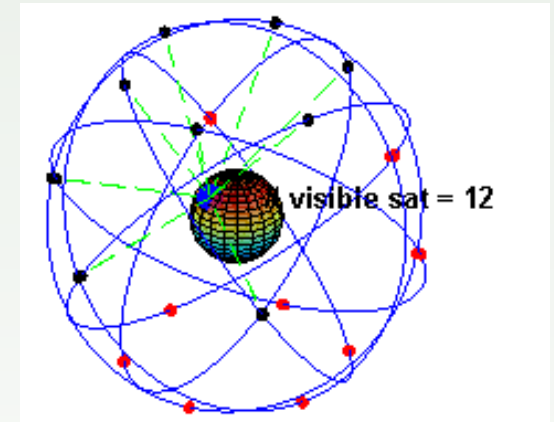
III. Le segment utilisateurs :

Constitué de la communauté des utilisateurs, munis de leur récepteurs GPS

Segment spatial

72

- **27 satellites actuellement (+ ou -)**
- **Leurs orbites :**
Hauteur : > 20 000 km
Sur 6 plans inclinés à 55° par rapport à l'équateur
- **Leur équipement**
 - Pour la communication
-> Émetteur et récepteur radio
 - Pour le calcul de temps
-> Horloge atomique
-> Dérive de l'ordre de 1 seconde toutes les 3 millions d'années
 - Source d'énergie et de déplacement
-> Rétro-fusée
-> Panneaux solaires



Segment de contrôle

73

- **Pour le suivi et le contrôle des « distances » des satellites**
- **Des stations de poursuites**
- **Écoutent, examinent, analysent les messages satellites**
- **Une station principale**
- **Calcul des modifications à apporter pour maintenir les satellites en bon état de fonctionnement (horloge, trajectoires,...)**
- **Des stations de chargement**
- **Envoi de modifications**

Le segment utilisateur

74

Les éléments constituant un récepteur GPS

➤ L'indispensable

- Un récepteur radio : canaux de réception + antenne
- Une horloge
- Un calculateur

➤ L'utile

- Une batterie ou des piles
- Un périphérique de stockage
- Une interface utilisateur (écran, clavier)

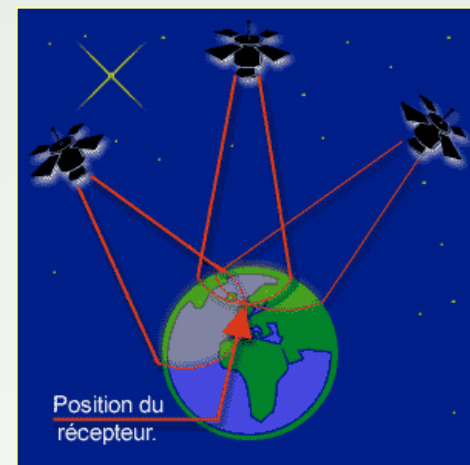
➤ L'agréable

- Les logiciels post traitement : gestion des données, visualisation des infos satellites
- Des données cartographiques

Le principe de la mesure : la trilatération

75

- **On cherche à connaître**
 - X,Y,Z récepteur (notre position)
- **On connaît**
 - La position des satellites
 - La vitesse de déplacement de la trame radio
 - C (= vitesse de la lumière)
- **Ce que l'on mesure**
 - Δt appelé « le temps de vol » par synchronisation des signaux
- **Ce que l'on calcule**
 - Les distances antenne-satellite pour chacun des satellites
 - ✧ ρ appelé pseudo-distance
 - ✧ $\rho = C * \Delta t$
- **Il faut au moins 3 satellites pour réaliser le calcul de positionnement**
- **Un quatrième signal est nécessaire pour obtenir une position en trois dimensions qui détermine l'altitude.**



Les erreurs possibles et les solutions

76

➤ Erreurs satellites

- Accès selectif
- Brouillage intentionnel
- Suspendu depuis mai 2000
- Consulter station de contrôle

➤ Erreurs atmosphériques

- Correction du Δt
- Consulter station de contrôle

➤ Erreurs de l'environnement et de la mesure

- GDOP(Geometrical dilution of précision)
- Multi-trajet
- Couvert forestier
- Améliorer la qualité des antennes

Une large gamme de récepteurs

77

- Utilisations militaire / civile
- Recherche
- Positionnement absolu / relatif
- Mode standard et différentiel



www.garmin.com

www.magellangps.com/fr

www.trimble.com



Les applications

78

Le positionnement

- **Où suis-je ?**

C'est la première et la plus immédiate des applications du GPS

- **Exemples :**

- Loisirs
- Randonnées
- Applications scientifiques
 - Surveiller l'évolution d'un volcan, d'une faille
 - Botanique
 - Epidémiologie



Mes
http



Cartographie
Photo ENSA-M

Les applications

79

- **Où vais-je ?**

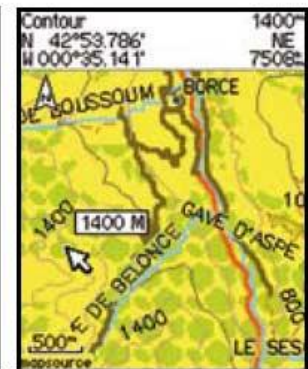
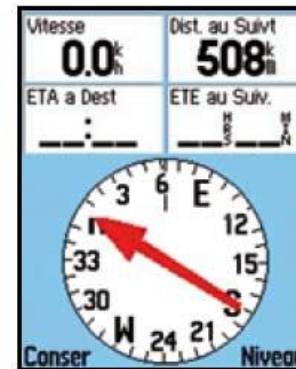
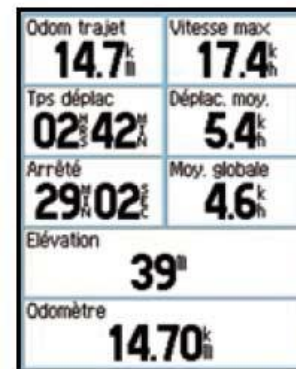
Il existe de multiples applications en navigation aérienne, maritime et terrestre



- **Exemples :**

Navigation de plaisance, bateaux de pêche

Atterrissage automatique d'avion par conditions particulières

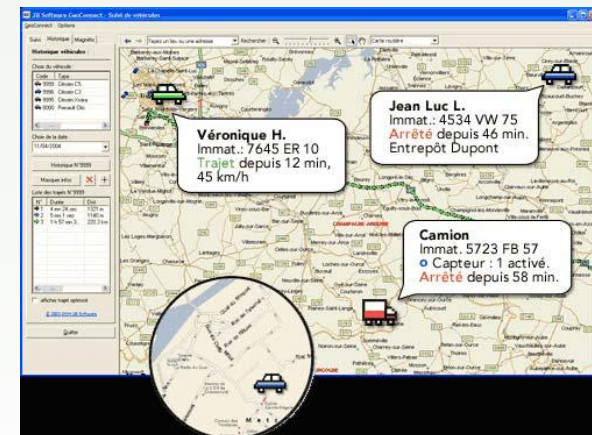
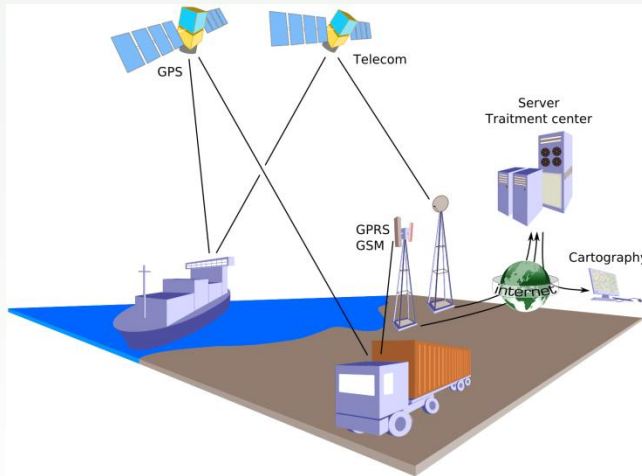


Les applications

80

- **Où sont-ils ?**

- Engins agricoles
- Suivi de flotte de véhicule
- Suivi d'animaux
- Taureaux en Camargue, moutons dans la Crau, cerfs, élevage extensif



En conclusion

81

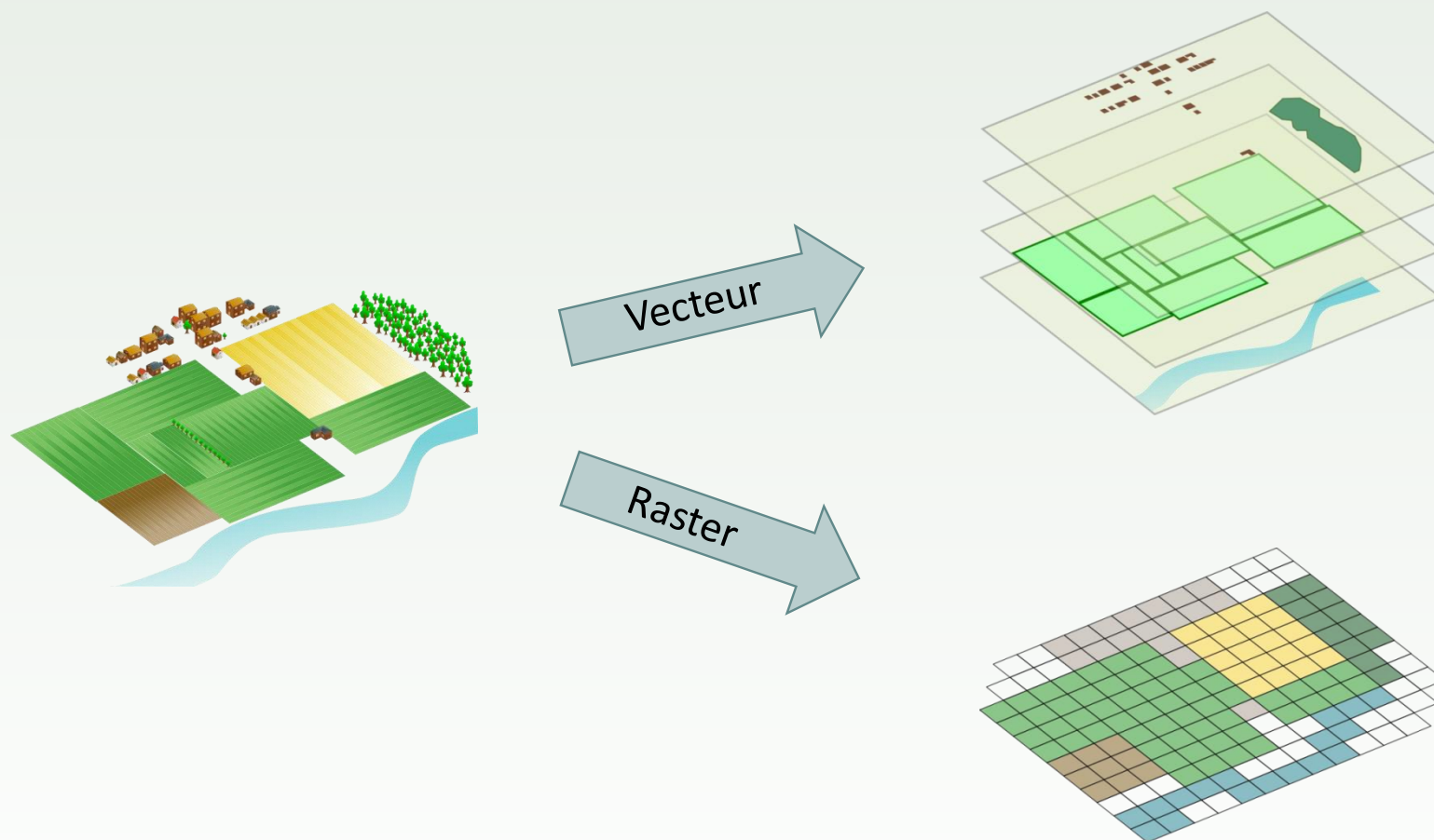
- **Le GPS une solution de positionnement**
 - Efficace, facile à utiliser, modulaire, bon rapport qualité-prix
 - Mais dépendance vis-à-vis des militaires américains
- **Des perspectives**
 - Galileo : Système européen prometteur et indépendant
- **Des précautions à prendre**
 - Il est facile de mal l'utiliser
(systèmes géodésique, projections, altimétrie...)
 - Précision variable selon les techniques utilisées
 - Consommation d'énergie



Opérations spatiales

Représentation spatiale

83



Éléments de géométrie



Éléments ponctuels



Éléments linéaires



Éléments surfaciques

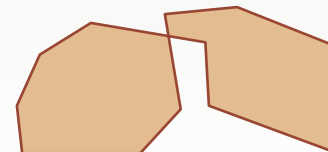
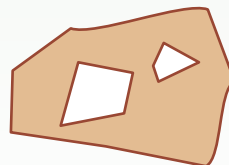
Ces éléments peuvent être simples :

Point, Ligne, Polygone

ou composites :

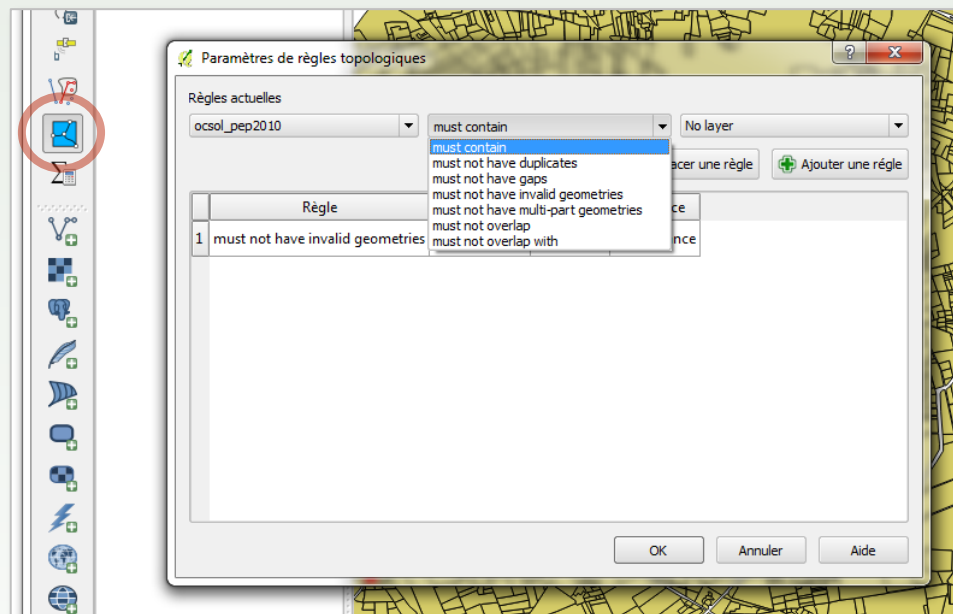
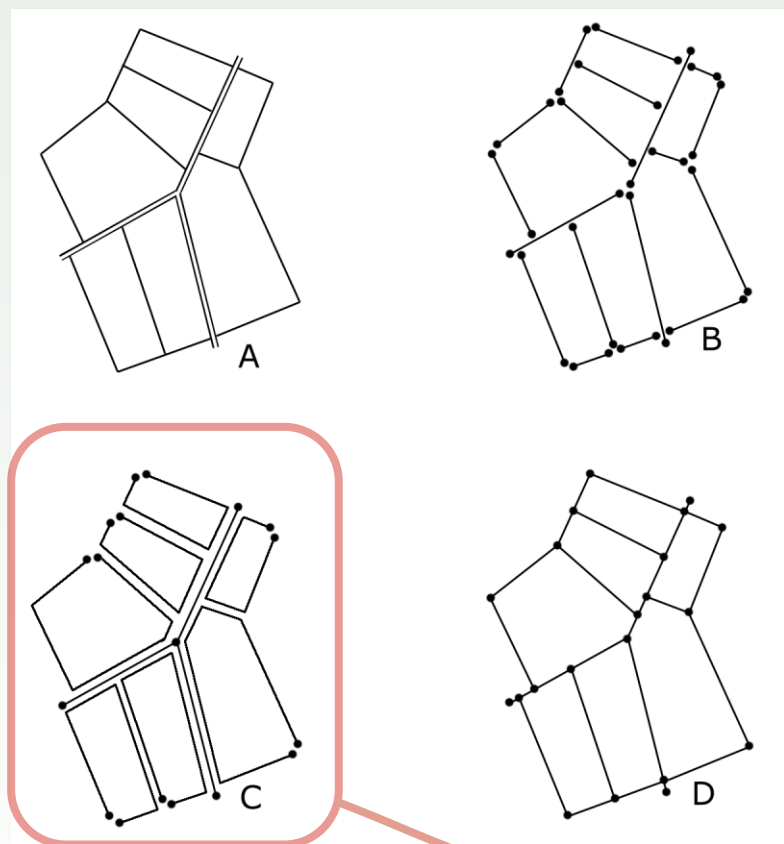
Multipoint, Multiligne, Multipolygone

Les éléments surfaciques simples ..
.. ne sont pas si simples :



Différentes formes de topologies

85



Validité de la géométrie :

- Un polygone doit être fermé
- Un polygone ne doit pas se croiser

Opérations de test

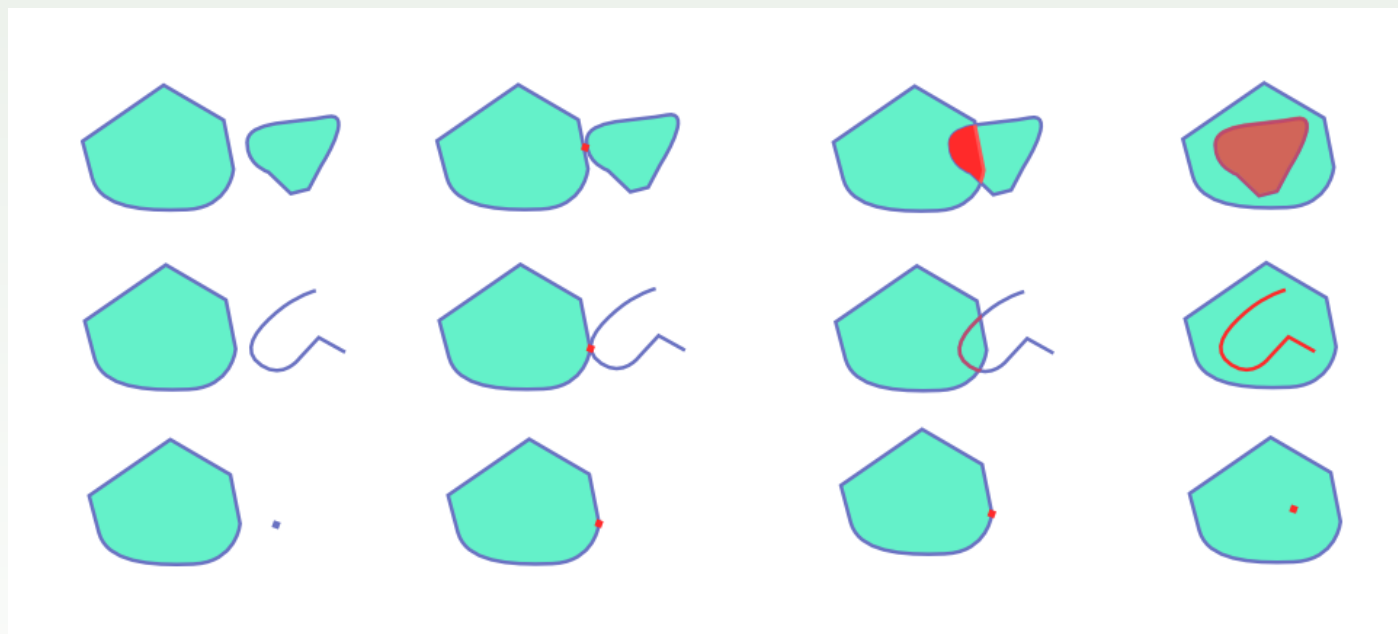


A et B sont Disjoint

A Touche B

A et B sont en
Intersection

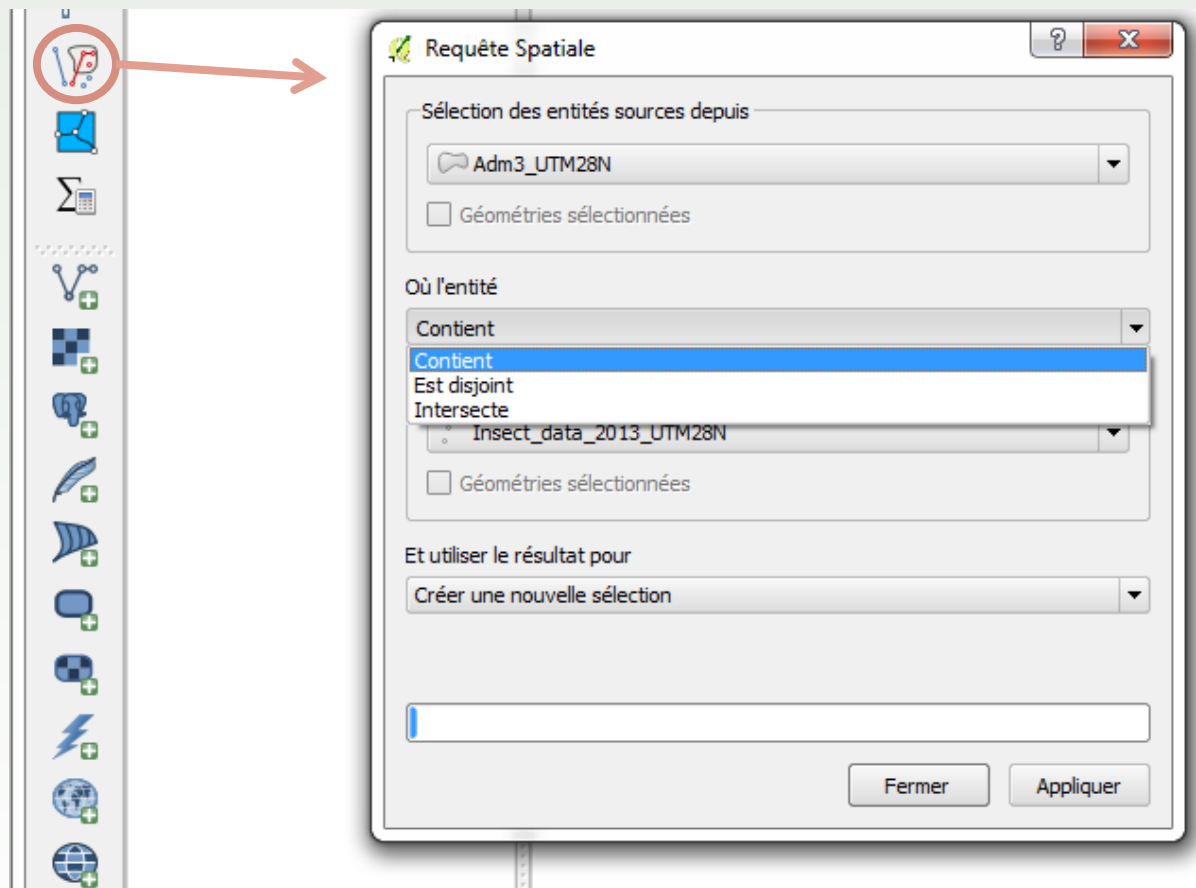
A Contient B



Le résultat est soit VRAI soit FAUX

Opérations de test

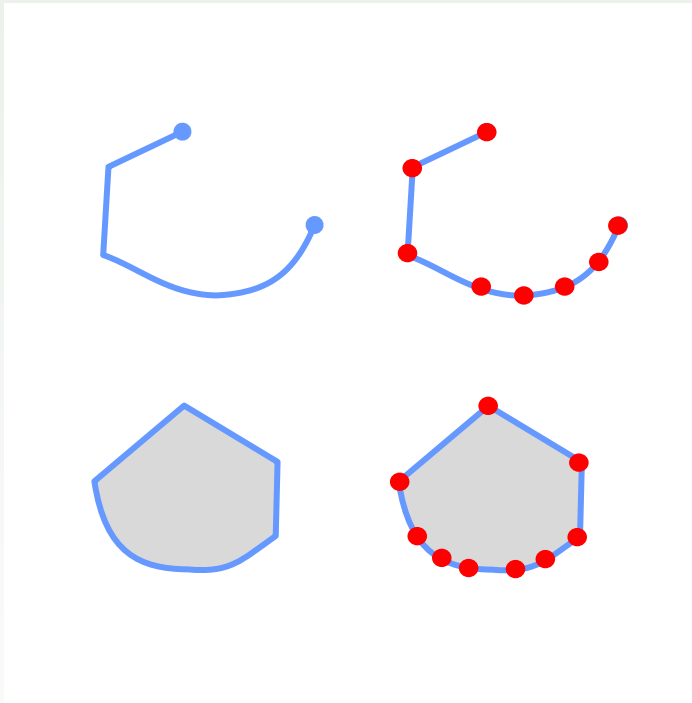
87



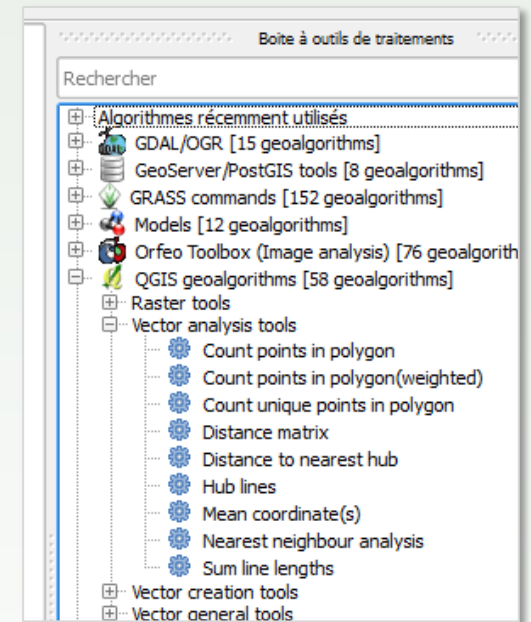
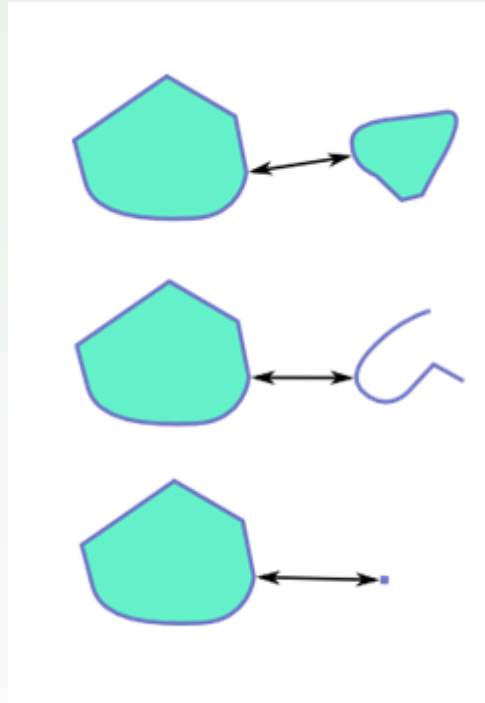
Opérations de mesure

88

Longueur, surface, nombre de points



Distance

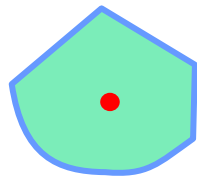


Le résultat est une valeur numérique

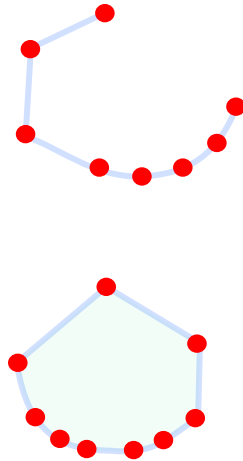
Opérations de géotraitement

89

Centroide



to Points

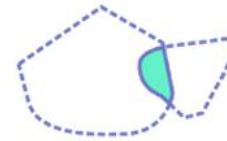


buffer

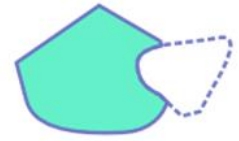


opérateurs logiques

intersection



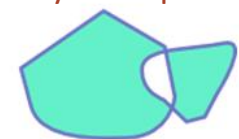
différence



union



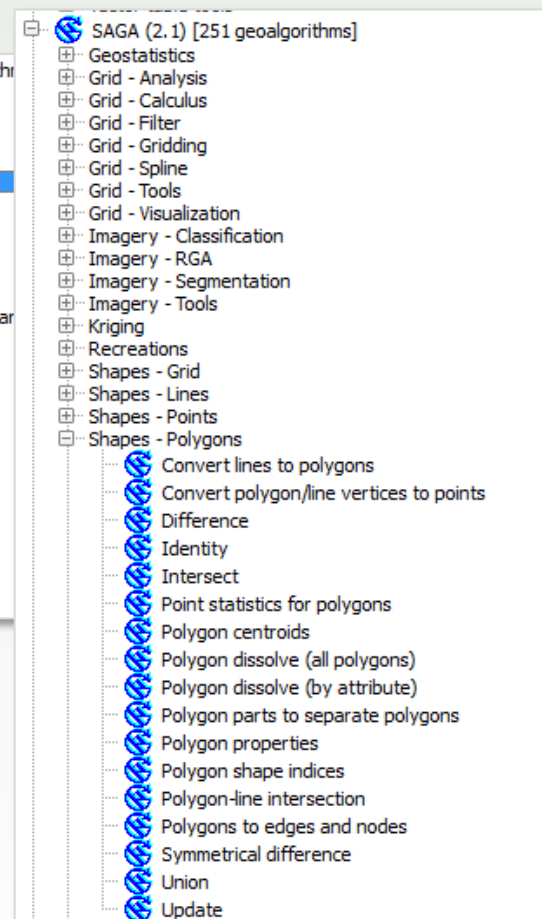
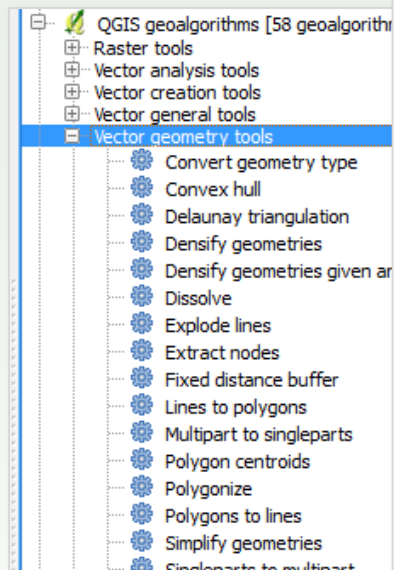
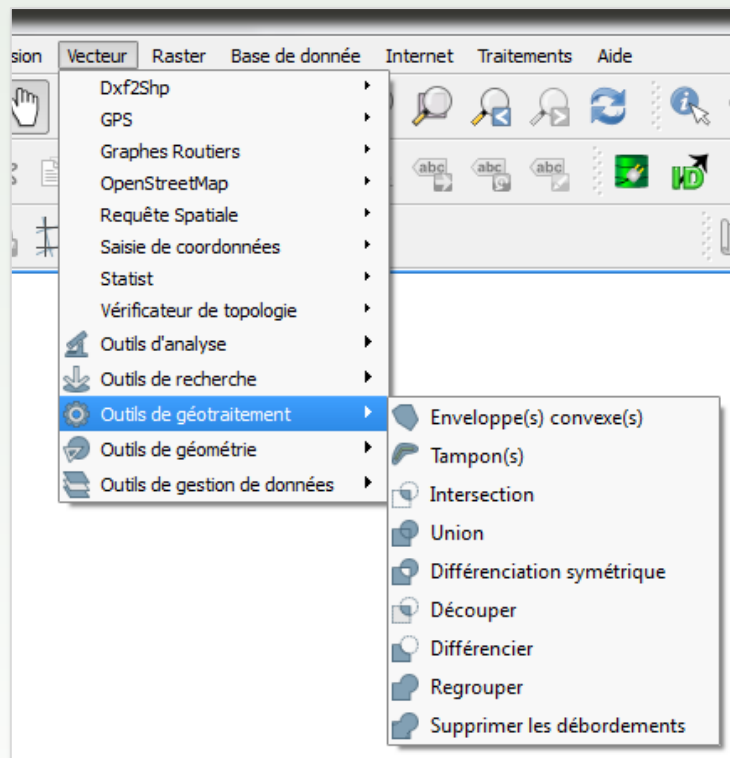
différence
symétrique



Le résultat est une nouvelle géométrie

Opérations de géotraitement

90

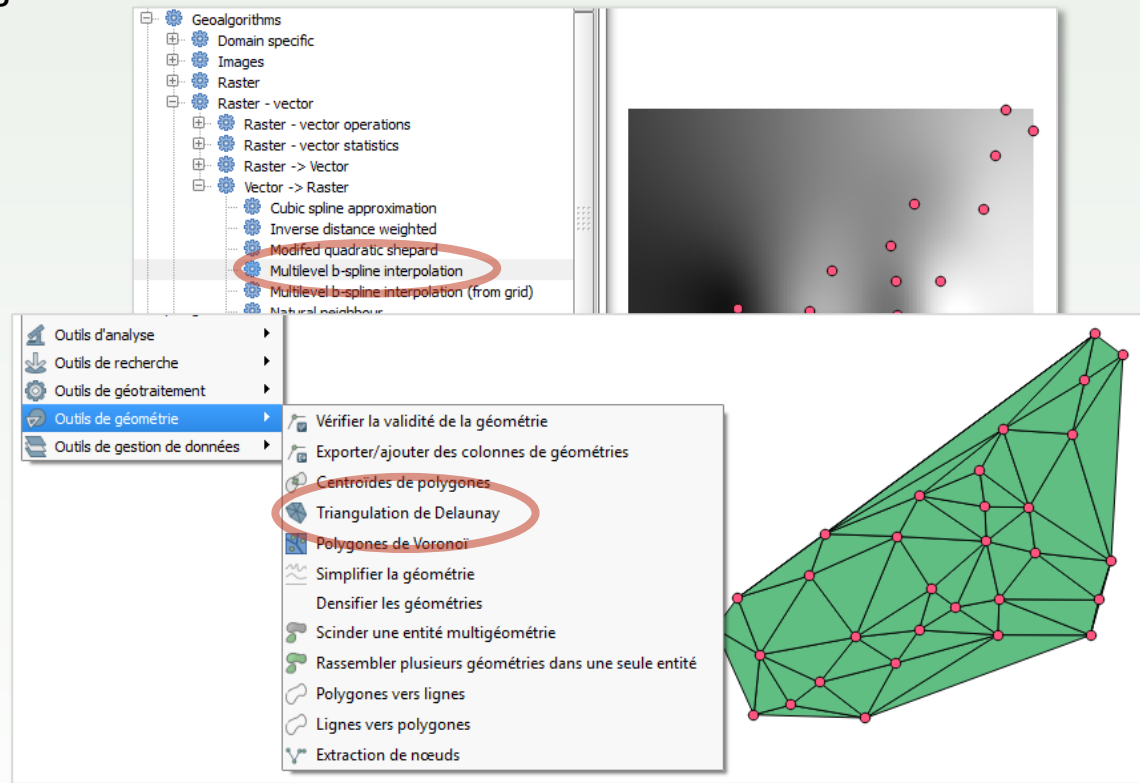


Géo - algorithmes

91

Fonctions plus ou moins complexes qui souvent produisent de nouvelles géométries

Exemples :



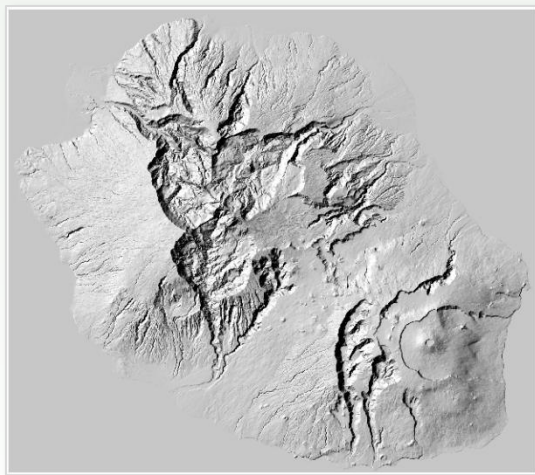
Opérations sur raster

92

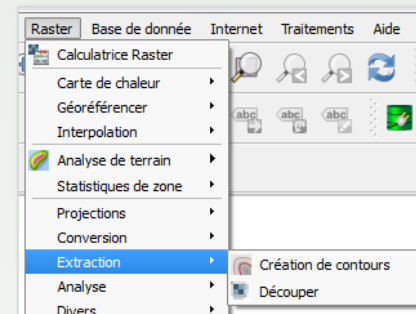
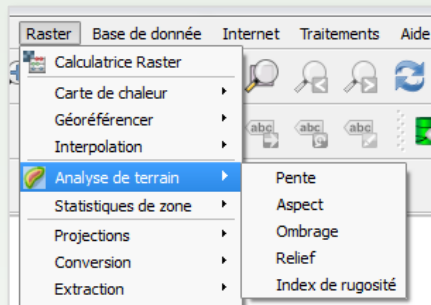
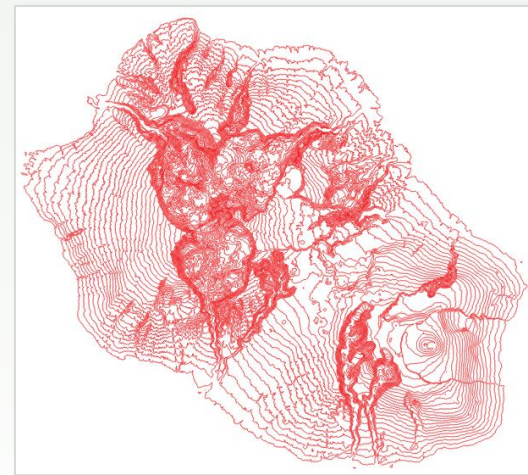
Modèle numérique de terrain



Ombrage



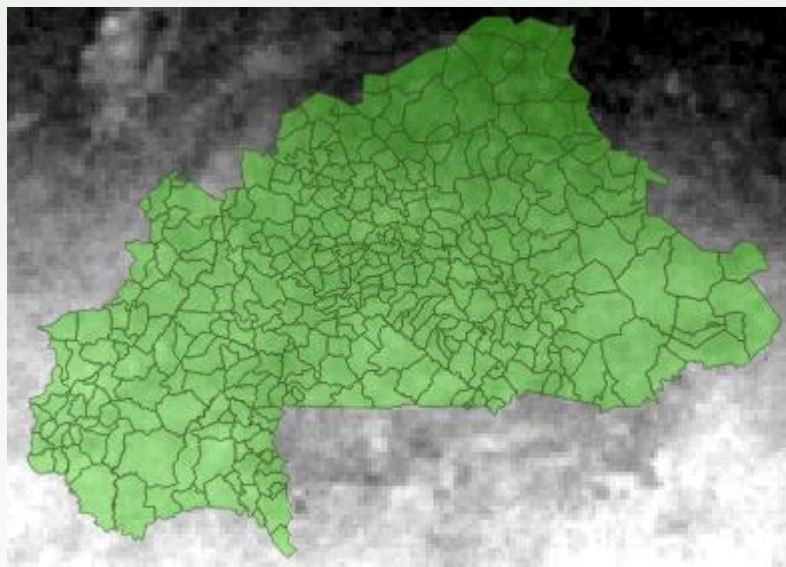
Contours



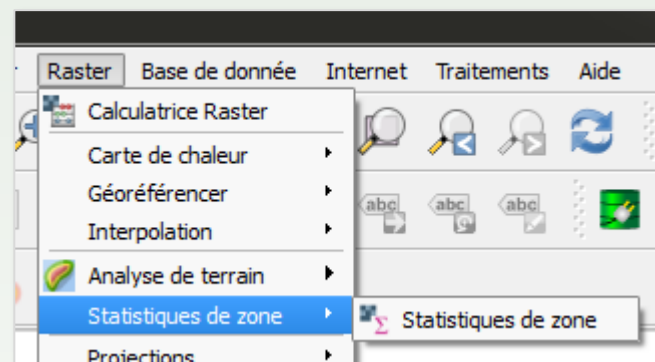
Opération Vecteur et Raster

93

Statistiques zonales



Raster + Vecteur



zon_count	zon_sum	zon_mean
84.000000000000...	6955.0000000000...	82.79761904761...
48.000000000000...	3996.0000000000...	83.250000000000...
72.000000000000...	6419.0000000000...	89.15277777777...
112.000000000000...	10349.0000000000...	92.40178571428...
21.000000000000...	1874.0000000000...	89.23809523809...
44.000000000000...	4122.0000000000...	93.68181818181...
71.000000000000...	6082.0000000000...	85.66190476190...

PostGIS/PostgreSQL

94

I Les bases de données relationnelles

Quelques définitions

Modèle relationnel

Structured Query Language

II Les bases de données spatiales

Extension spatiale

SGBD Spatial PostGIS

Géométrie et stockage

Les requêtes spatiales

Pourquoi une base de données plutôt que des fichiers ?

95

Actions	Fichiers	Base de Données
Utilisation principale	Calculs	Gestion des données
Structuration des données	Aucune	Structuration et cohérence forte
Contrôle d'intégrité des données	Aucun	Vérification stricte des valeurs possibles de chaque donnée
Accès aux données	Mono utilisateur	Multi utilisateurs
Sécurité	Faible à nulle	Forte
Confidentialité des données	Aucun contrôle	Vérification des droits d'accès de chaque utilisateur
Taille des données	- Une table - Quelques milliers de lignes	- Plusieurs tables - Plusieurs milliers de lignes par table
Traitement sur les données	Quantitatifs	Qualitatifs et quantitatifs
Interrogation des données	Réalisée par des procédures spécifiques	Langage "universel" : SQL

Définition : base de données

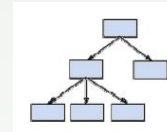
96

Une base de données est un **ensemble structuré et organisé** permettant le **stockage d'information** afin d'en faciliter l'**exploitation**.

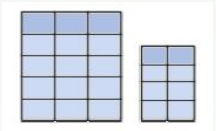
- L'organisation de l'information est régie par un *modèle de données*.

Différents types de modèles existent:

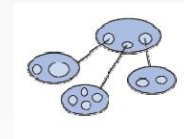
- modèle hiérarchique (dbXML basé sur XML)



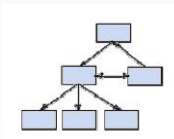
- modèle relationnel (PostgreSQL, MySQL, Oracle, SQL Server, ...)



- modèle objet (db4objects, EyeDB, Objectivity, ...)



- modèle réseau (Neo4J, OrientDB, InfiniteGraph, ...)



Définition : SGBD

97

Le Système de Gestion de Bases de Données (SGBD) est un logiciel jouant le rôle d'interface entre les utilisateurs et la base de données.

- Il permet de :
 - décrire la structure de la base de données (modèle de données)
 - mettre à jour la base de données
 - créer des requêtes pour interroger les données
 - sauvegarder et restaurer les données
 - veiller à l'intégrité des données
 - assurer la confidentialité et la sécurité des données
 - ✦ contrôles des accès concurrents (verrous en écriture)
 - ✦ définir les droits des utilisateurs (restrictions d'accès à la base de données)

Base de données relationnelles

Le modèle relationnel

98

- Organisation des données : *tables à deux dimensions (entités), reliées entre elles par des liens (relations ou associations).*
- Manipulation des données basée sur *l'algèbre relationnelle* : *projection, restriction, produit cartésien, jointure, union, différence, intersection.*
- Contraintes du modèle : l'intégrité des données dans la base doit être vérifiée d'où la mise en place de *règles d'intégrité.*
- *Eviter la redondance* : pour éviter la duplication des données dans la base
- Formalisme de modélisation : *MERISE (Méthode d'Etudes et de Réalisation Informatique pour les Systèmes d'Entreprise, 1978) basée sur le schéma Entités-Associations (E.F. Codd 1969)*

Le modèle relationnel

99

Schéma entités-associations basé sur la théorie des ensembles

$\{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\}$ = nombres

$\{\text{blé, maïs, colza, tournesol, vigne, verger}\}$ = cultures

$\{\text{Marie, Robert, Georges, John, Céline, Franck}\}$ = noms


Ces ensembles sont des **Domaines**

Les associations

100

{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17}

{blé, maïs, colza, tournesol, vigne, verger}



1	blé	John
2	blé	John
3	maïs	Céline
4	vigne	Franck
5	tournesol	Céline
6	blé	John
7	vigne	Georges
8	verger	Robert

Relation :

Sous-ensemble
du produit cartésien
d'une liste de domaines

Les entités

101

Entités (schéma base de données)

parcelles

parc_id	culture
3106	blé
3108	blé
3004	maïs
2311	vigne
3016	tournesol
3156	blé
2308	vigne
2455	verger

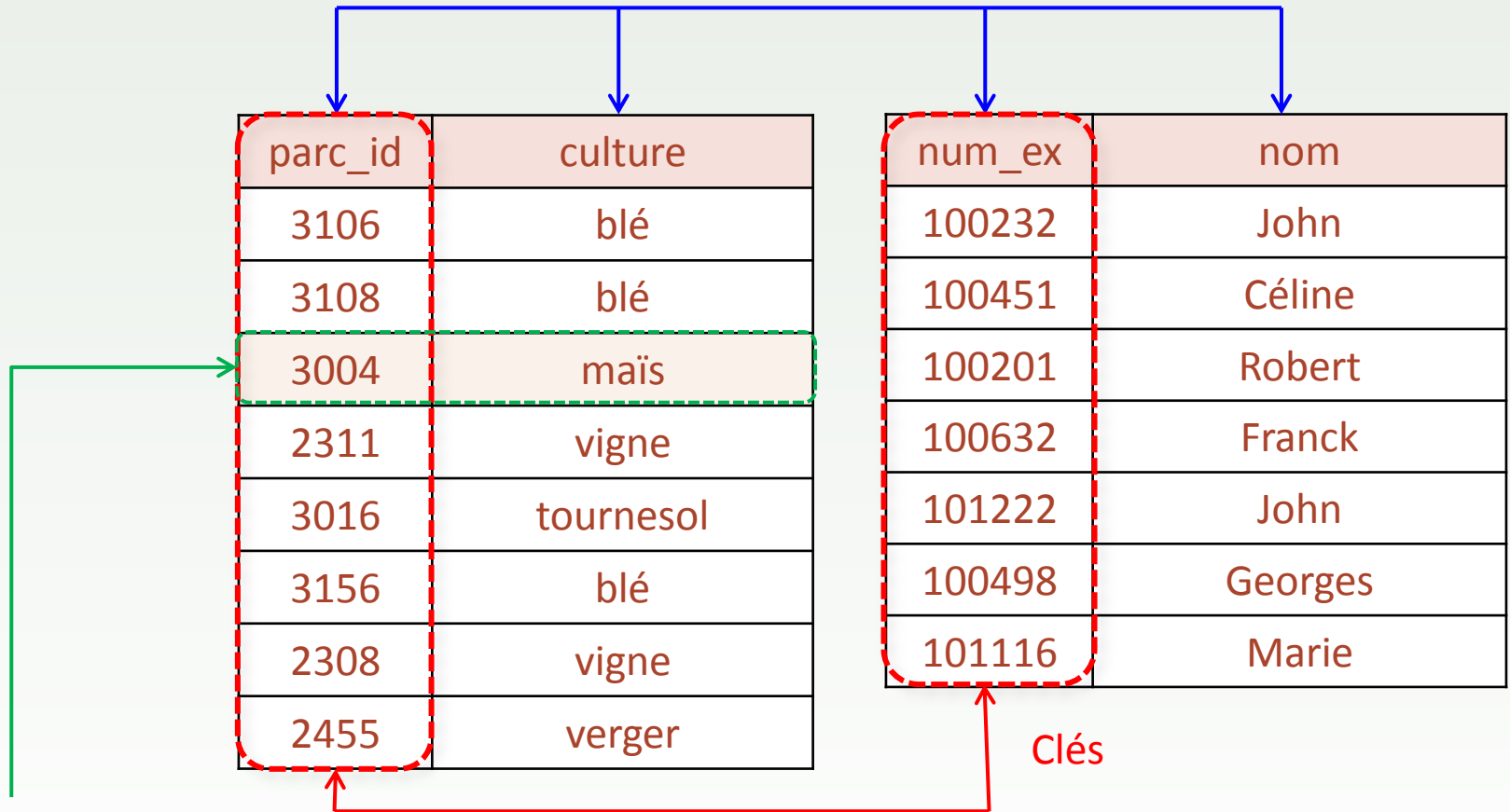
exploitants

num_ex	nom
100232	John
100451	Céline
100201	Robert
100632	Franck
101222	John
100498	Georges
101116	Marie

Les données et attributs

102

attributs, champs, propriétés



enregistrement, occurrence, tuple

Relation de cardinalité 1..n

103

parcelles

n — 1

exploitants

parc_id	culture	num_ex
3106	blé	100201
3108	blé	101222
3004	maïs	100451
2311	vigne	100632
3016	tournesol	100451
3156	blé	101222
2308	vigne	100498
2455	verger	100498

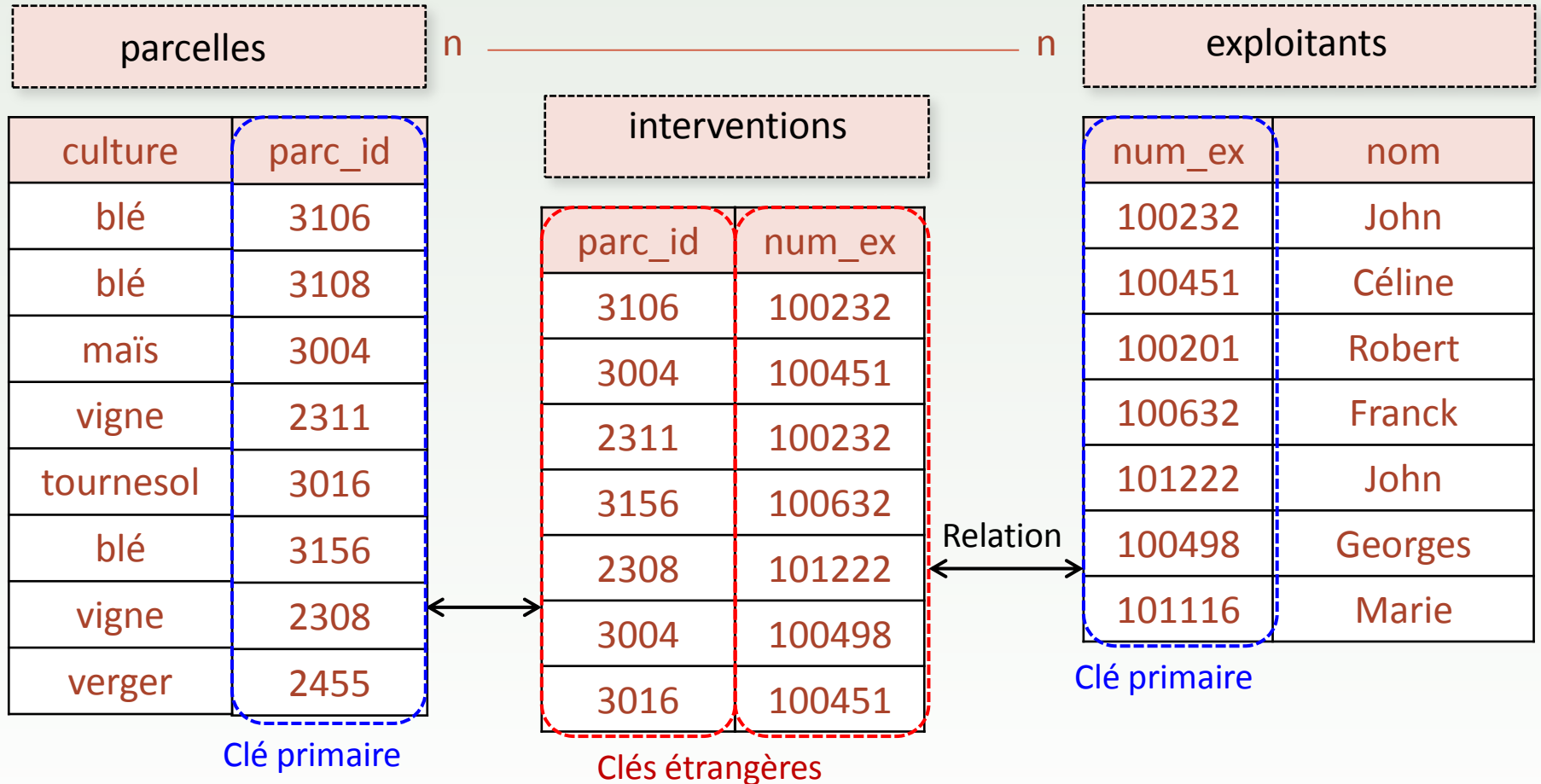
Clé étrangère

num_ex	nom
100232	John
100451	Céline
100201	Robert
100632	Franck
101222	John
100498	Georges
101116	Marie

Clé primaire

Relation de cardinalité n..n

104



SQL - Généralités

105

SQL signifie «**Structured Query Language**»,
c'est-à-dire «langage d'interrogation structuré».

- C'est le **langage de requête standard** des SGBD.
- C'est à la fois :
 - Un langage de définition de données (**LDD**) : création, modification, suppression des bases de données et des tables
 - Un langage d'interrogation de la base (**LID**) : interrogation de la base en vue d'avoir une liste de résultats
 - Un langage de manipulation de données (**LMD**) : sélection, insertion, modification ou suppression des données dans une table
 - Un langage de contrôle de l'accès aux données (**LCD**) : définition des permissions au niveau des utilisateurs d'une base de données

SQL – les commandes de base

106

- Manipulation des tables

- ✧ **CREATE** : création de table
- ✧ **DROP** : suppression de table
- ✧ **ALTER** : modification de la structure de table

- Manipulation des données

- ✧ **INSERT** : insertion d'un tuple
- ✧ **DELETE** : suppression d'un tuple
- ✧ **UPDATE** : mise à jour d'un tuple
- ✧ **SELECT** : interrogation d'un tuple

- Gestion des privilèges utilisateurs (droits d'accès)

- ✧ **GRANT** : ajout de privilèges
- ✧ **REVOKE** : suppression de privilèges

La commande SELECT

107

- **SELECT** est la commande la plus courante de SQL. Elle consiste à **lire les données** contenues dans une base de données ou à **calculer de nouvelles données** à partir de données existantes.
- Syntaxe générale : l'ordre SQL est composé de 6 clauses dont 4 sont optionnelles
 - ✧ **SELECT** [**DISTINCT** ou **ALL**] * ou liste d'attributs
 - ✧ **FROM** liste des tables ou de vues
 - ✧ [**WHERE** conditions logiques] (filtre portant sur les données)
 - ✧ [**GROUP BY** ordre des groupes] (définition d'un sous-ensemble)
 - ✧ [**HAVING** condition] (conditions de regroupement des données affichées)
 - ✧ [**ORDER BY**] liste de colonnes (tri des données affichées)

SQL – Expression des restrictions

108

Une restriction consiste à sélectionner les lignes satisfaisant à une condition logique effectuée sur leurs attributs.

- Opérateurs logiques : **OR** , **AND**, **NOT**
- **IS [NOT] NULL**(true, false)
- Opérateurs arithmétiques : **+**, **-**, *****, **/**,**%**
- Comparateurs arithmétiques: **=** ,**<>**, **<**, **<=** ,**>**, **>=**
- Comparateurs de chaîne :
 - Intervalle : Valeur **BETWEEN** borne basse **AND** borne haute
 - Recherche "approximative": Valeur **LIKE** motif
 - Comparaison à une liste de valeurs : Valeur **[NOT] IN** (liste)

Exemple commande SELECT

109

```
SELECT * FROM parcelles, exploitants WHERE culture='blé'
```

Parcelles		
parc_id	culture	surface
3106	blé	25500
2455	verger	4680

Exploitants
nom
John
Céline
Robert

culture = blé

parc_id	culture	surface	nom
3106	blé	25500	John
3106	blé	25500	Robert
3106	blé	25500	Céline

SQL - Les fonctions agrégats

110

Les fonctions **agrégats** sont utilisées dans une clause **SELECT** ou **HAVING** :

- **COUNT**(<nom d'une colonne>) : Comptabilise le nombre de lignes de la colonne spécifiée.
- **SUM**(<nom d'une colonne>) : Retourne la somme des valeurs d'une colonne spécifiée de type numérique.
- **MIN**(<nom d'une colonne>) : Retourne la valeur minimale d'une colonne spécifiée de type caractère ou numérique.
- **MAX**(<nom d'une colonne>) : Retourne la valeur maximale d'une colonne spécifiée de type caractère ou numérique caractère ou numérique.
- **AVG**(<nom d'une colonne>) : Calcule la moyenne arithmétique d'une colonne spécifiée de type numérique.

Exemple fonctions agrégats

111

```
SELECT culture, sum(surface) as stot FROM parcelles GROUP BY culture HAVING sum(surface) > 30000
```

Parcelles		
parc_id	culture	surface
3106	blé	25500
3108	blé	54300
3004	maïs	42200
2311	vigne	8740
3016	tournesol	21500
3156	blé	26400
2308	vigne	12350
2455	verger	4680



culture	stot
blé	106200
maïs	42200

Base de données spatiales

112

- Les bases de données spatiales sont des **bases de données avec une extension spatiale** qui permettent de gérer et de stocker **l'information géographique** sous forme de **géométries** (points, lignes, et polygones).
- L'information géographique est composée d'**information géométrique** (forme et localisation d'un objet géographique), **sémantique** (attributs décrivant l'objet géographique) et **topologique** (relations entre les objets géographiques).
- Les bases de données constituent le **socle** sur lequel s'appuient les **SIG**, qui analysent et exploitent les données pour en tirer des informations utiles à la décision.

SGBD spatial

113

Oracle, MySQL, SQLServer, PostgreSQL sont conçus pour manipuler des données de type texte, numériques ou des dates

parc_id	culture	surface
3106	blé	25500
3004	maïs	42200
2311	vigne	8740
3016	tournesol	21500
3156	blé	26400

Extension nécessaire pour :

- Stocker et manipuler la géométrie
- Gérer les systèmes de coordonnées
- Créer des index spatiaux

Oracle
SQLite
SQLServer
PostgreSQL

Extension
Spatiale

Oracle Spatial (depuis 1992)
Spatialite (intégré depuis 2008)
SQLServer (intégré depuis 2008)
PostGIS (première apparition en 2001)

SGBD Spatial PostGIS

114

Une base de données PostgreSQL



Des formats d'encodage des formes géométriques :
Simple Feature Specification de l'OGC



Des tables de métadonnées spécifiées par l'OGC

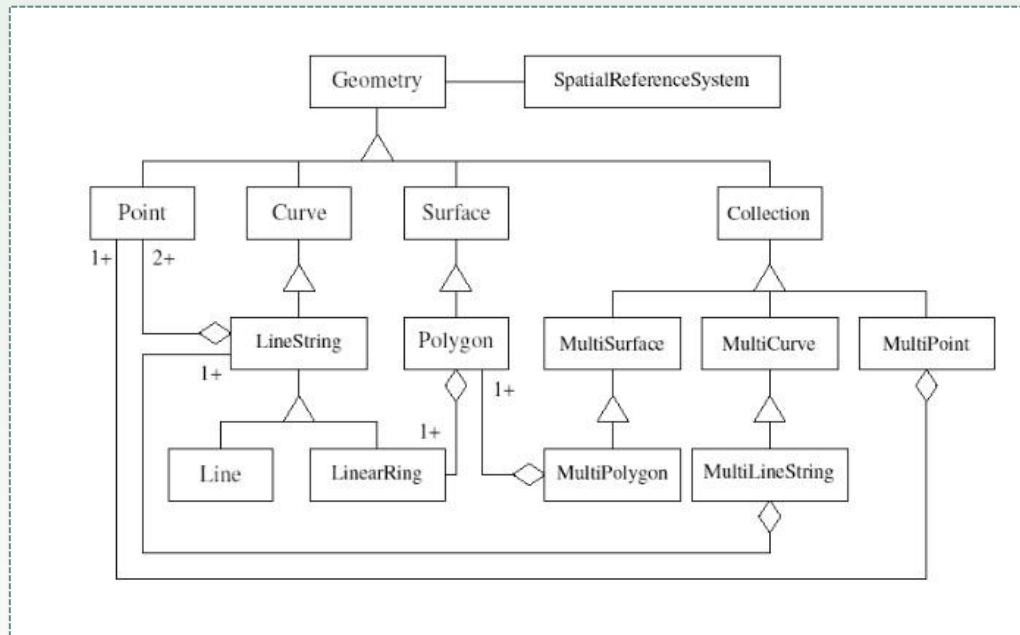


Des fonctions de géométrie qui s'appuient sur les bibliothèques GEOS(géométrie) et Proj4(projections)

Représentation des géométries

115

- Type de géométries (conformes à deux définis par OGC)



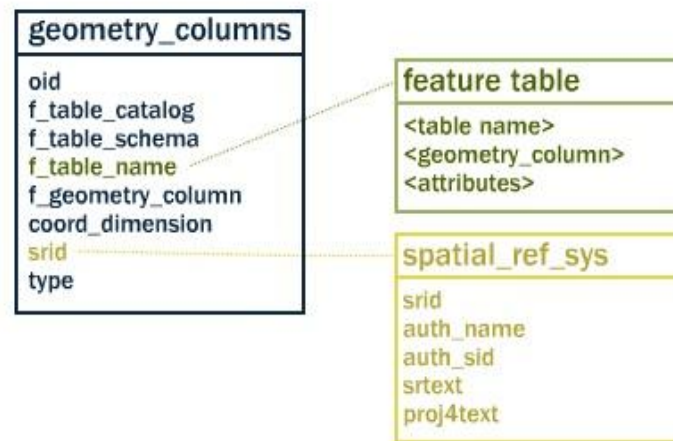
- **SRID** (Spatial Referencing system IDentifier)
 - Identifiant du système de référence des objets géographiques
 - Obligatoire pour stocker les objets géographiques dans la BD

Tables de métadonnées OGC

116

Dans le respect de la spécification Simple Features for SQL ([SFSQL](#)) , PostGIS fournit des tables de métadonnées pour informer sur les types de géométries disponibles dans une base de données spécifique :

- La table **spatial_ref_sys** contient l'**inventaire des systèmes de coordonnées disponibles**.
 - ✦ Chaque géométrie dans la base de données spatiale a un SRID associé qui est un entier, et peut être lu par la fonction ST_SRID(geometry).
 - ✦ La table spatial_ref_sys est préremplie à partir des systèmes de référencement spatial de l'ESPG
- La table **geometry_columns** contient un **catalogue des tables ayant une géométrie**.
 - ✦ Chaque colonne spatiale est identifiée de façon unique par la combinaison d'un schéma, d'une table et d'une colonne.



Formats de stockage

117

- Format **WKT** (Well Know Text) de l'OGC
 - Format de stockage "simple" des objets géométriques
 - Exemples : POINT(0 0), LINESTRING(0 0,1 1,1 2), POLYGON((0 0,4 0,4 4,0 4,0 0),(1 1, 2 1, 2 2, 1 2,1 1))
- Format **WKB** (Well Know Binary) de l'OGC
 - Format de stockage "avancé" des objets géométriques
 - Représentation par un ensemble d'octets
 - Exemple : La valeur WKB correspondante a POINT(1 1) est la séquence suivante :
010100000000000000000000F03F00000000000000F03F
 - ✦ Byte order : 01 (Type de stockage)
 - ✦ WKB type : 01000000 (code qui indique le type de géométrie (Point, LineString, Polygon, ...))
 - ✦ Coord. X : 00000000000000F03F
 - ✦ Coord. Y : 00000000000000F03F

Stockage de l'information graphique dans une table

118

parcelles			
parc_id	culture	surface	geom
3106	blé	25500	POLYGON ((148 749, 147 735, 172 735, ..))
3108	blé	54300	POLYGON ((148 450, 200 450, 821 450, ..))
3004	maïs	42200	POLYGON ((560 740, 347 235, 561 423, ..))
2311	vigne	8740	POLYGON ((540 730, 350 232, 480 378, ..))
3016	tournesol	21500	POLYGON ((232 740, 247 738, 470 725, ..))
3156	blé	26400	POLYGON ((251 736, 301 738, 468 638, ..))
2308	vigne	12350	POLYGON ((263 732, 298 734, 458 632, ..))
2455	verger	4680	POLYGON ((378 728, 321 722, 447 644, ..))

Les requêtes spatiales

119

La requête spatiale est classée en 3 groupes :

- La **requête thématique** porte sur la sélection ou la manipulation d'objets spatiaux sur la base de leurs attributs.
Exemple : sélection des parcelles composées de sols dits "sableux"
- La **requête géométrique** porte sur la sélection ou la manipulation d'objets spatiaux sur la base de leurs caractéristiques géométriques.
Exemple: sélection des champs d'une surface supérieure à 4 hectares.
- La **requête topologique** porte sur la sélection ou la manipulation des objets spatiaux sur la base de leurs caractéristiques de voisinage et de relations spatiales aux autres objets.
Exemple : sélection des champs contenant un puits.

Les différents types de requêtes peuvent être combinés au sein d'une même requête complexe.

Exemple : sélection des champs contenant un puits et d'une surface supérieure à 4 hectares.

Les opérateurs et fonctions dans PostGIS

120

- Opérateurs thématiques dans SQL :
 - Opérateurs de **comparaison** : AND, OR, XOR, NOT
 - Opérateurs **statistiques**: MAX, MIN, COUNT, AVG, SUM
- Opérateurs spatiaux :
 - Opérateurs **métriques** : NomFonction (geom) Où NomFonction = Distance , Area , Length , Perimeter...
 - Opérateurs **topologiques** :
 - ✦ Prédicats -> vrai ou faux : NomFonction (geom, geom) où NomFonction = Equals, Disjoints, Touches, contains, Within, Crosses...
 - ✦ Fonctions topologiques -> nouvelle géométrie : NomFonction (geom, geom) où NomFonction = Intersection, Difference, GeomUnion...
 - Opérateurs **de gestion de la BD** : SRID (geom), Dimension(geom), GeometryType(geom), AsText(geom)
 - Opérateurs **divers** : IsEmpty(geom), Buffer(geom, distance) : geom, Enveloppe(geom) : polygon

Exemple d'utilisation d'une fonction avec SQL

121

```
SELECT parc_id, st_area(geom) as area FROM parcelles
```

parcelles			parc_id	area
parc_id	surface	geom		
3106	25500	POLYGON ((148 749, 147 735, 172 735, ..))	3106	25500.00
3108	54300	POLYGON ((148 450, 200 450, 821 450, ..))	3108	54300.00
3004	42200	POLYGON ((560 740, 347 235, 561 423, ..))	3004	42200.00
2311	8740	POLYGON ((540 730, 350 232, 480 378, ..))	2311	8740.00
3016	21500	POLYGON ((232 740, 247 738, 470 725, ..))	3016	21500.00
3156	26400	POLYGON ((251 736, 301 738, 468 638, ..))	3156	26400.00
2308	12350	POLYGON ((263 732, 298 734, 458 632, ..))	2308	12350.00
2455	4680	POLYGON ((378 728, 321 722, 447 644, ..))	2455	4680.00



Cartographie thématique et sémiologie graphique

La carte définitions

123

- Etymologiquement, « carte » signifie « support »
 - Charta (latin) = papier, écrit, livre, Khartes (grec) = la feuille de papyrus
 - Map (anglais, espagnol, portugais ...) ← Mappa (latin) = pièce d'étoffe utilisée au cirque ... pour communiquer
- En géographie :
 - Représentation, à échelle réduite, de la géographie d'un pays, d'une région, d'une ville, de l'emplacement des astres dans le ciel, etc.
- La carte est une image plane d'une partie de la surface terrestre
- La cartographie est :
 - une technique de repérage des lieux et de la mesure de la Terre
 - une méthode de description et d'explication des répartitions spatiales d'objets et de phénomènes

La carte – deux domaines

124

➤ **La carte topographique :**

- support de repérage dans l'espace géographique
- fournit des données de localisation, de repérage :
 - ✦ Données détaillées
 - ✦ Fond de carte
- ne prétend pas à l'interprétation, à l'explication

➤ **La carte thématique :**

- analyse, interprétation de processus spatiaux
- expression, transmission de message

➔ **S.I.G.**

➤ **2 domaines complémentaires / 2 objectifs différents**

montrer les lieux / montrer les propriétés des lieux

Étapes de la production cartographique

125

I. Collecte de l'information

II. Traitement statistique

III. Représentation graphique

IV. Production et édition de cartes

I. La collecte d'information

126

- La collecte concerne
 - Le contenant XY : le fond de repérage (système de projection, échelle, généralisation...)
 - Le contenu Z : variables à représenter
- Les données sont brutes
 - Il est rare que les données collectées soient directement représentées dans une carte. Nécessité de traiter préalablement les données

II. Le traitement des données

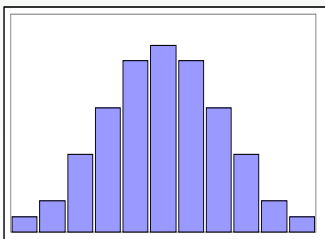
127

- Définir les objectifs
- Traitements
- Adaptés au type de variable
 - Qualitative nominale
 - Ordonnée
 - Quantitative
- Éviter les discrétisations à classes d'égale étendue
- Privilégier les discrétisations statistiques
 - Quantiles, écart-type, multimodales
- Limiter le nombre de classes (7 à 8 maximum)

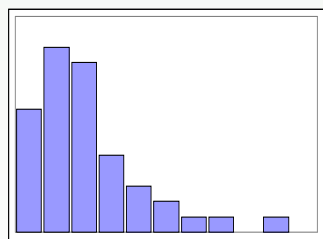
Limites de classes et étendues

128

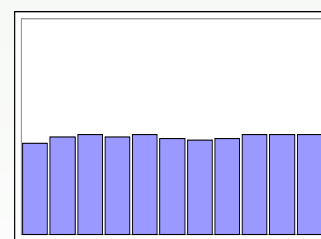
- Etape 1 : analyser la distribution de la série statistique
 - Construction du diagramme de distribution et d'un histogramme de fréquence
- Etape 2 : discrétisation
 - Le choix de la méthode de discrétisation dépend de la forme de la distribution :



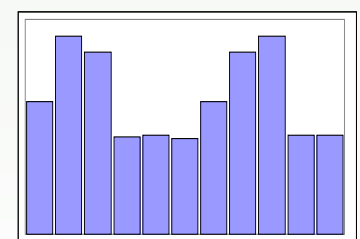
Normale



Dissymétrique



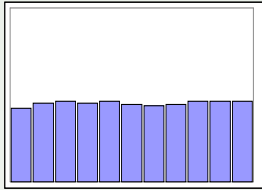
Uniforme



Plurimodale

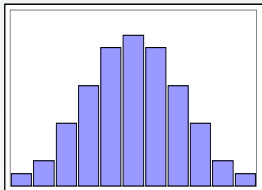
Différentes méthode de discrétisation

129



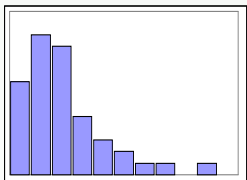
- **Classes d'amplitude égale**

- Chaque classe a le même effectif
- Adaptées pour une distribution uniforme : toutes les valeurs de la série ont la même fréquence (ou probabilité d'apparition)



- **Utilisation de la moyenne et de l'écart-type**

- Adaptée à la distribution normale ou de Gauss
- Utile pour la comparaison de cartes
- On prend généralement la moyenne comme centre ou comme limite de classe et l'écart type comme amplitude de classe.

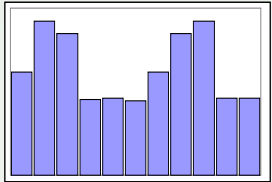


- **Classes en progression géométrique**

- Adaptées aux distributions dissymétriques
- Valeurs transformées en logarithme, puis utilisation de la moyenne et de l'écart type
- Limites de classes exprimées en log

Différentes méthodes de discrétisation

130



- **Méthode dîte des seuils naturels**

- Adaptée aux distributions plurimodales
- Limites de classes effectuées aux endroits où se situent les plus grands intervalles entre deux valeurs. Recherche de discontinuités dans la distribution

- **Classes d'effectifs égaux (discrétisation selon les quantiles)**

- Méthode : on divise l'effectif total par le nombre de classes désiré pour obtenir l'effectif de chaque classe
- Pour tout type de distribution
- Mais méthode pas optimale car sacrifie la majeure partie de l'information contenue dans la distribution
- Tend à optimiser la détection de classes significativement distinctes
- Quartile : 4 classes

Méthodes de discrétisation et représentation

Même distribution, même palette de couleurs

3 cartes différentes !

Méthode standardisée

Moyenne : 108

Écart-type : 138, (1/2 écart-type : 69)

L'écart-type a été calculé sans les 4 valeurs exceptionnelles

Nombre d'habitants par km²



France : 108

Effectifs égaux

Effectif total (hors les 4 valeurs exceptionnelles) = 92 individus, soit en 5 classes :
18 individus dans 3 classes et
19 dans 2 classes.

Nombre d'habitants par km²



France : 108

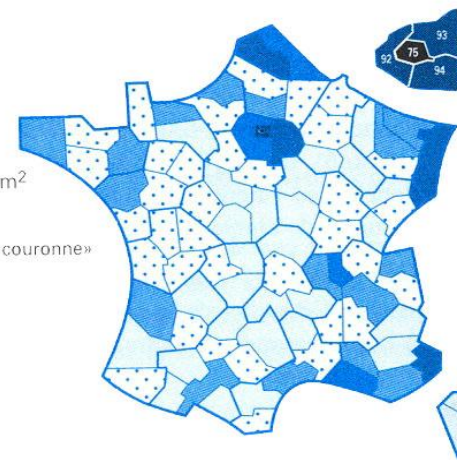
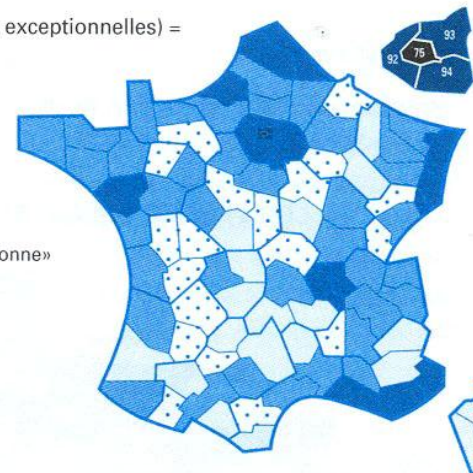
Seuils observés

Nombre d'habitants par km²



France : 108

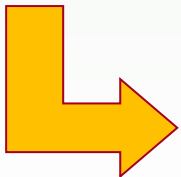
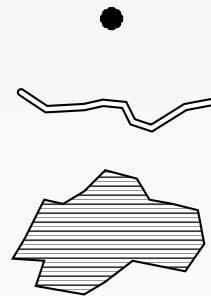
Source : INSEE, RGP 1999.



III. La représentation graphique

132

- Types de composante
 - quantitatif (variable continue ou discrétisée)
 - ordonné (dates, modalités hiérarchisées)
 - différentiel (non ordonné, non hiérarchisé)
- Implantation des composantes / variables :
 - ✓ ponctuelle
 - ✓ linéaire
 - ✓ surfacique (ou zonale)



Choix de la variable visuelle

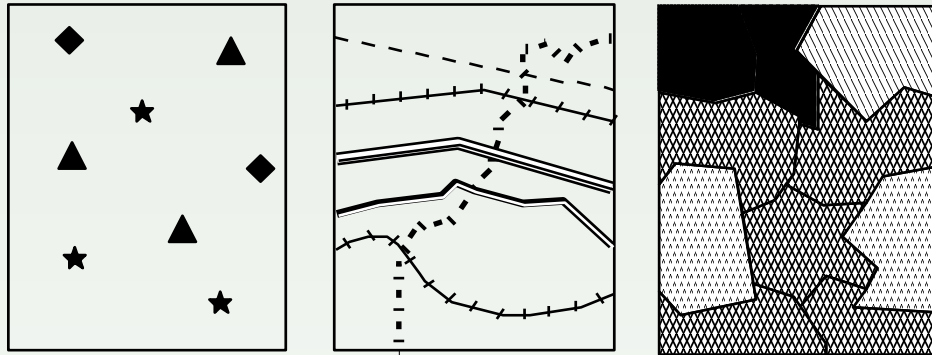
Propriétés des variables visuelles

133

	Ponctuel	Linéaire	Surfacique
Qualitatif	1 – Forme 2 – Orientation 3 – Teinte (couleur)	1 – Forme 2 – Orientation 3 – Teinte (couleur)	1 – Forme 2 – Orientation 3 – Teinte (couleur)
Ordonné	Intensité (valeur)	1 – Taille 2 – Intensité (valeur)	Intensité (valeur)
Quantitatif (variables discrétisées)	Taille	1 - Taille 2 – Intensité (valeur)	Intensité (valeur)
Quantitatif	Taille	Taille	Taille (figurés ponctuels)

Les variables visuelles – la forme

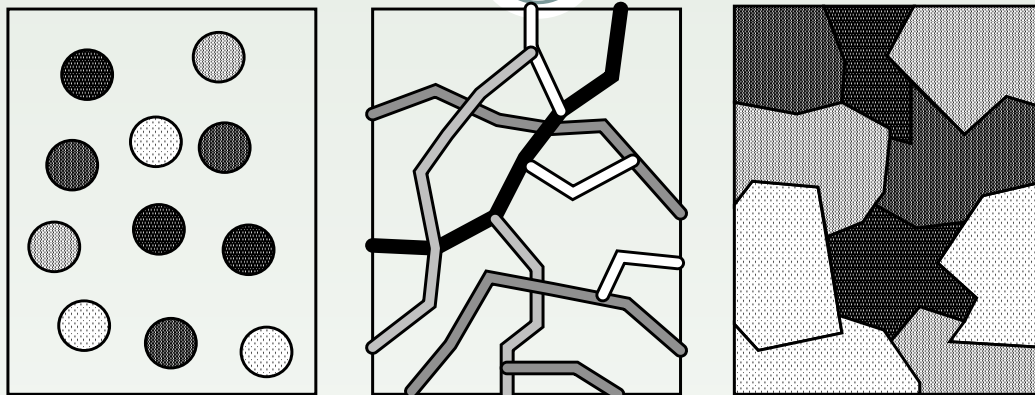
134



- ✚ Variation infinie de possibilités graphiques mais capacité de différenciation faible :
 - l'œil ne peut mémoriser qu'un nombre de signes limité
 - lisibilité améliorée par l'utilisation de contrastes
- ✚ **Efficace pour représenter une information qualitative ponctuelle**
- ✚ **Moins efficace :**
 - en implantation linéaire
 - et surtout en implantation surfacique où la densité prime !
- ✚ Nécessité d'un fond de carte « discret »

Les variables visuelles – le grain

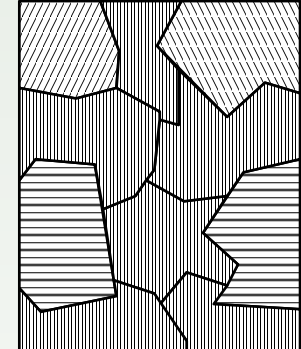
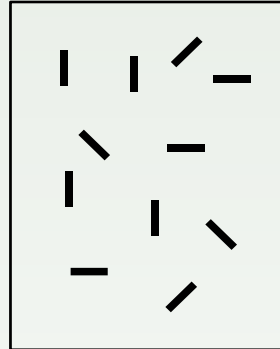
135



- ✚ Quantité de taches séparables par unité de surface
 - Sa variation ne change pas l'intensité (agrandissement d'une structure élémentaire : du grain fin au grain grossier)
- ✚ Difficile à réaliser et à gérer
- ✚ Des points positifs
 - Effet de transparence / sélectivité forte
- ✚ Peu utilisé

Les variables visuelles – l'orientation

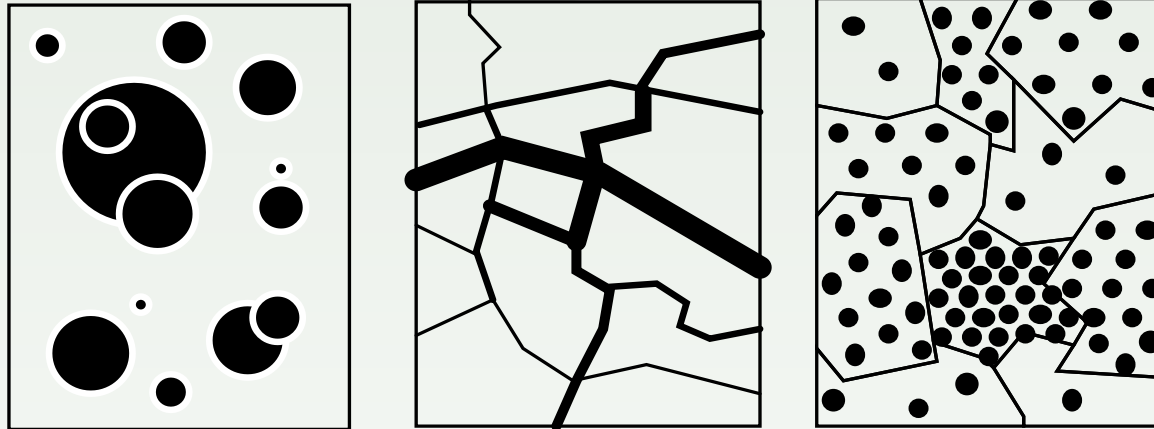
136



- ✚ Variation très limitée :
 - 4 directions
- ✚ Capacité de différenciation faible, bien que l'œil y soit très sensible
- ✚ **Souvent utilisée en combinaison avec une autre variable (forme par exemple) pour accentuer des différences ou des associations visuelles**
- ✚ Intérêt surtout en **implantation ponctuelle**

Les variables visuelles – la taille

137



- ✚ Variation de largeur, de hauteur ou de surface d'un figuré
- ✚ C'est la seule variable visuelle qui permet d'exprimer des **quantités absolues**, des rapports numériques, des relations de proportionnalité
- ✚ Particulièrement efficace en **implantation ponctuelle et linaire**

Les variables visuelles – la couleur

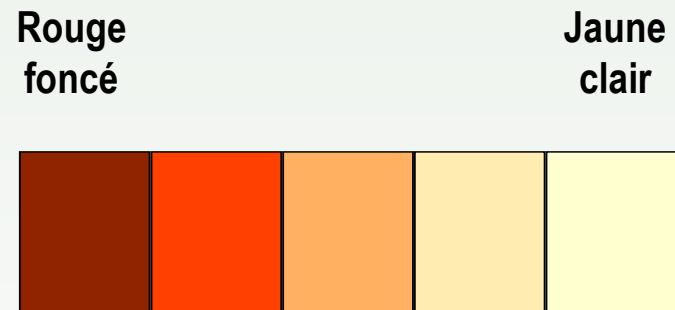
138

En fait, la couleur « inclut » deux variables visuelles :

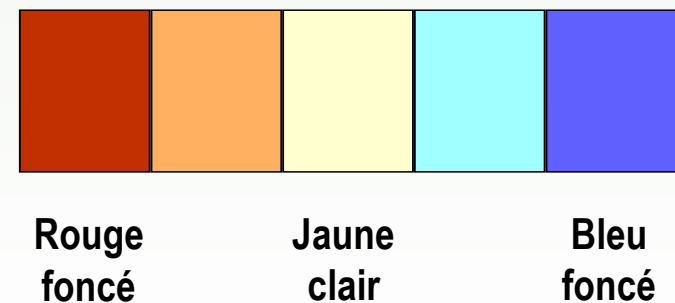
- L'intensité (**valeur**) message de hiérarchisation
- La **teinte** message de différenciation

Exemples de gammes :

Hiérarchisation
(variation d'intensité surtout)



Différenciation
(variation de teinte surtout)



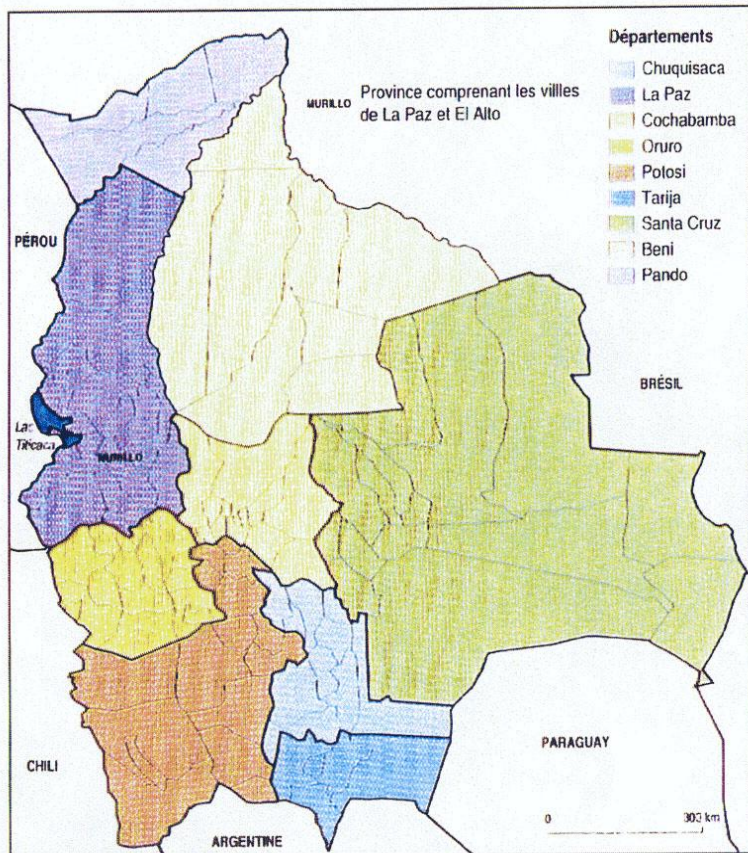
La représentation graphique

139

quelques illustrations ...

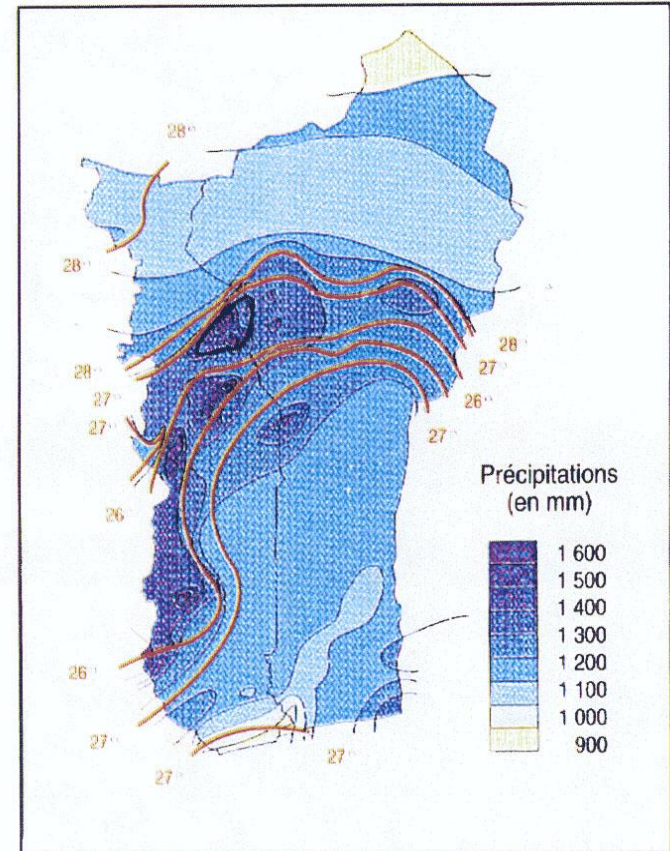
Utilisation de la couleur

Teinte (variable différentielle)



Bolivie : départements administratifs

Intensité (variable quantitative)



Togo : précipitations et températures (moyennes annuelles)

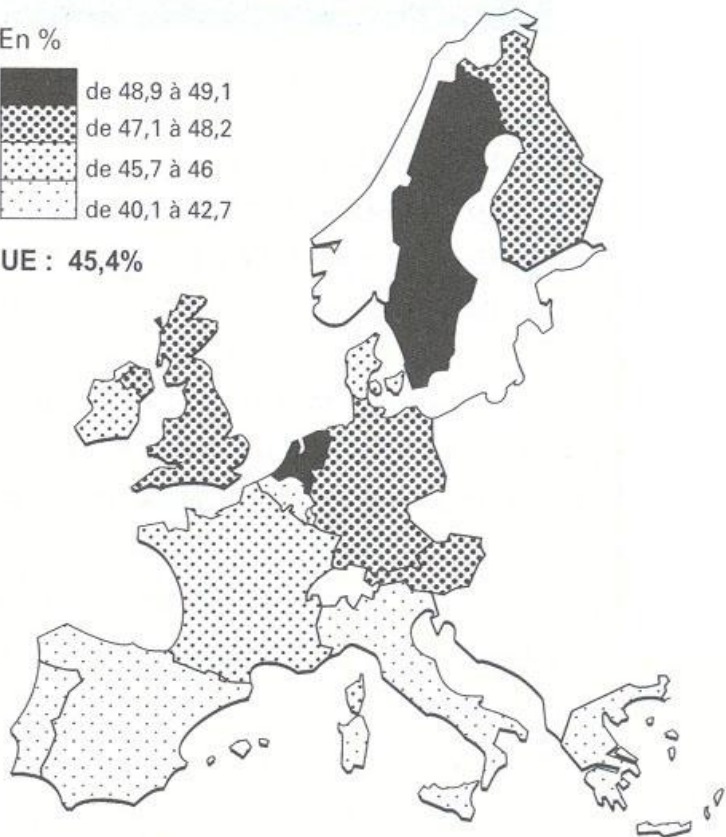
Représentation d'une variable discrétisée

Part des femmes dans l'emploi

En %



UE : 45,4%



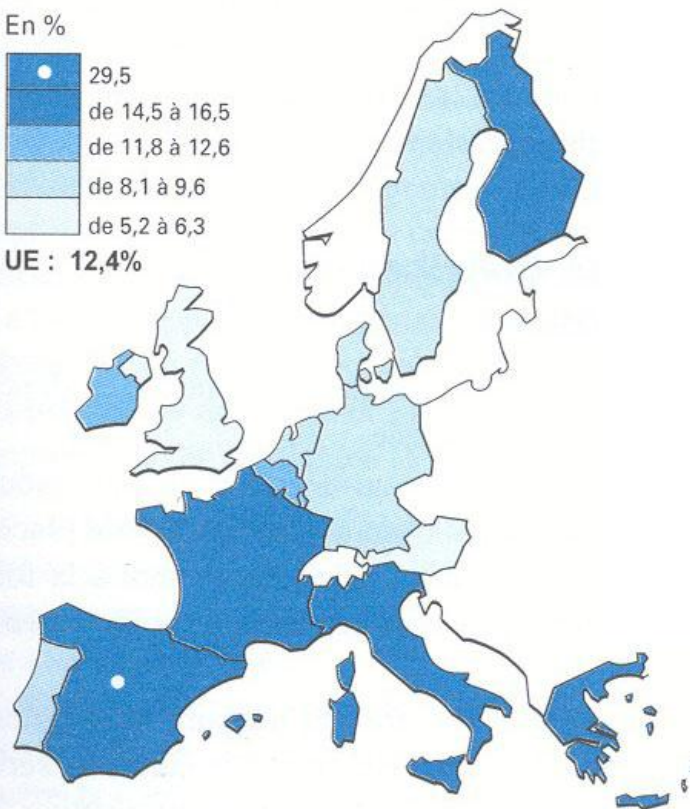
Dégradé de trame basé sur l'intensité

Taux de chômage des femmes (1996)

En %



UE : 12,4%



Palette de couleur basée sur l'intensité

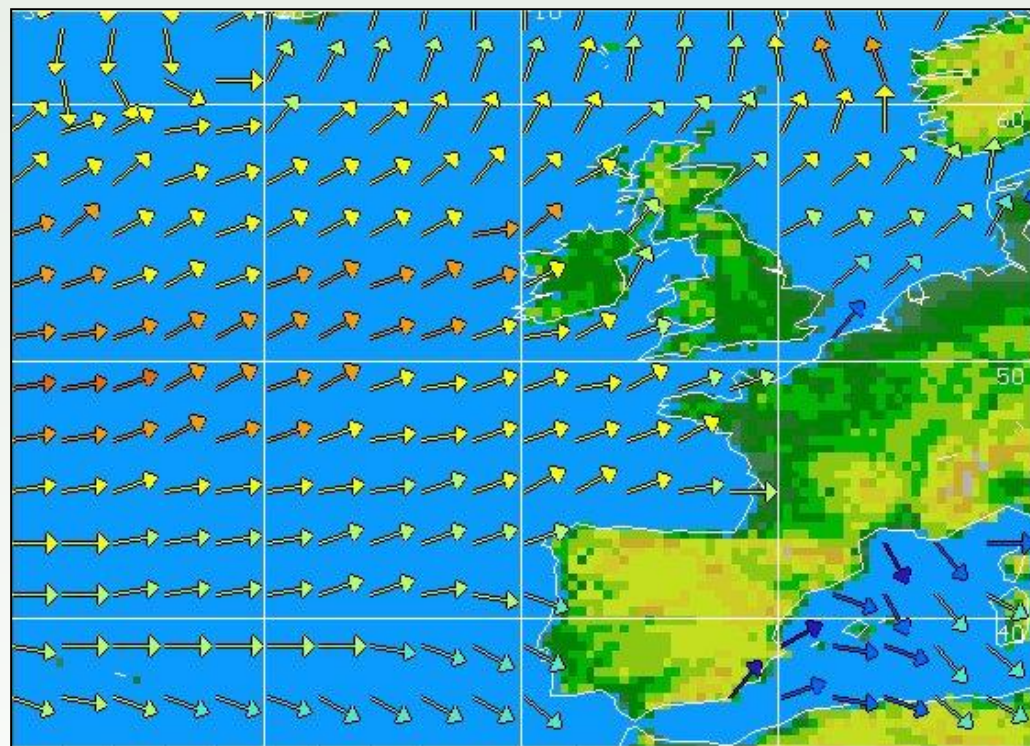
Variations différentielle et ordonnée – la direction

142



Fréquence de la direction des vents en été

Source : *Atlas du Canada*, édit. 1957



Carte des vagues

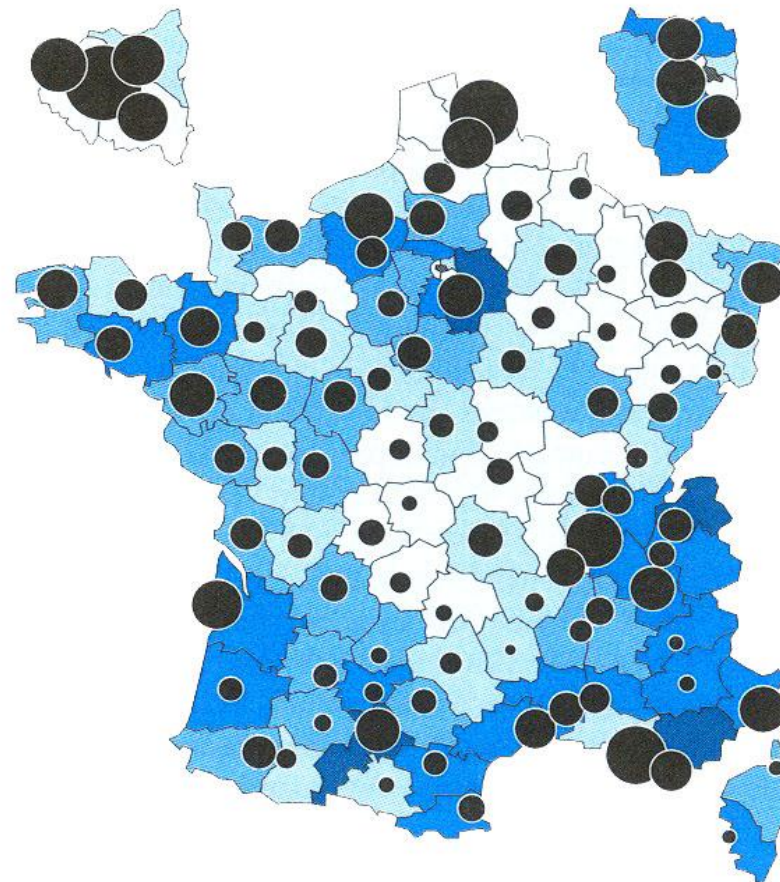
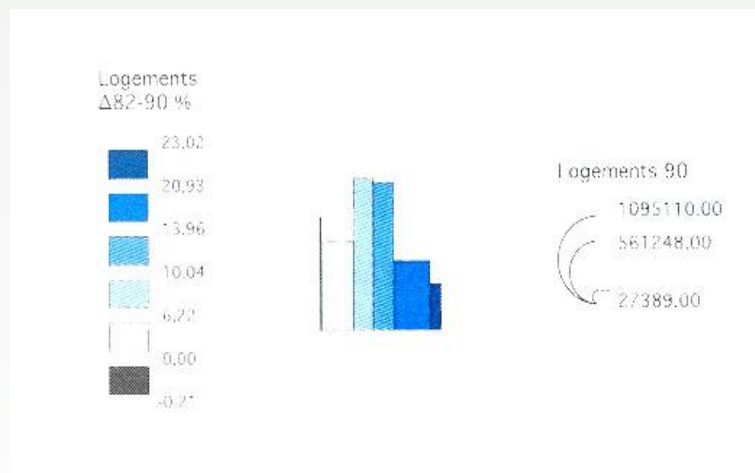
Source : *Météo France*

Combinaison de deux modes de représentation

143

Le logement en France

- parc en 1990
- évolution 82-90



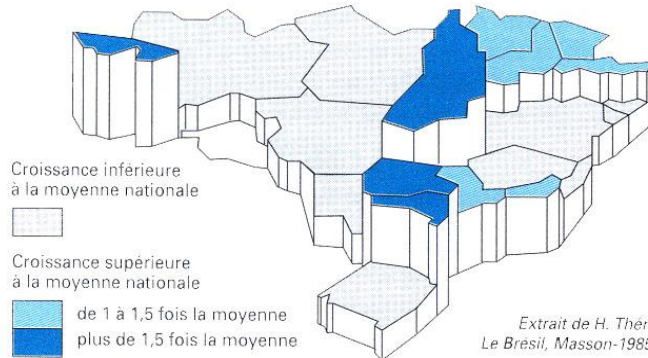
Autres modes de représentation

144

Représentation 3D

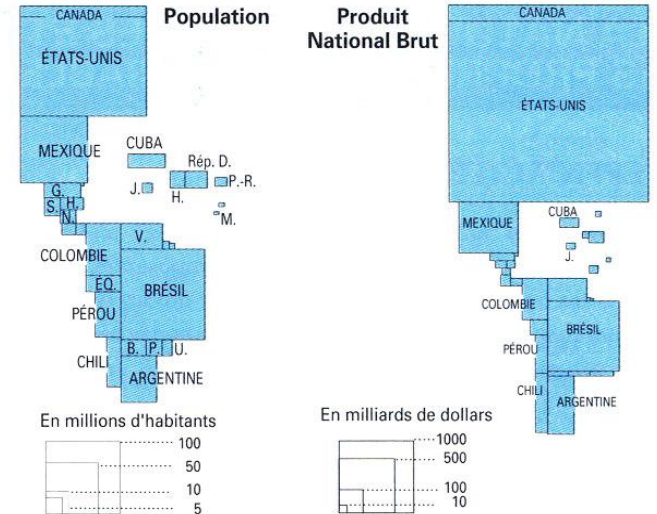
LA CROISSANCE DES ÉTATS BRÉSILIENS

1940-1950

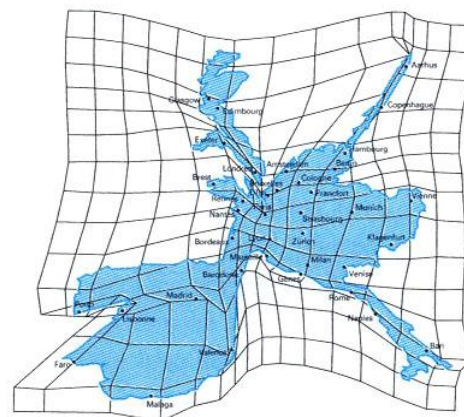


Population

Produit National Brut



L'EUROPE FERROVIAIRE À L'HORIZON 2015

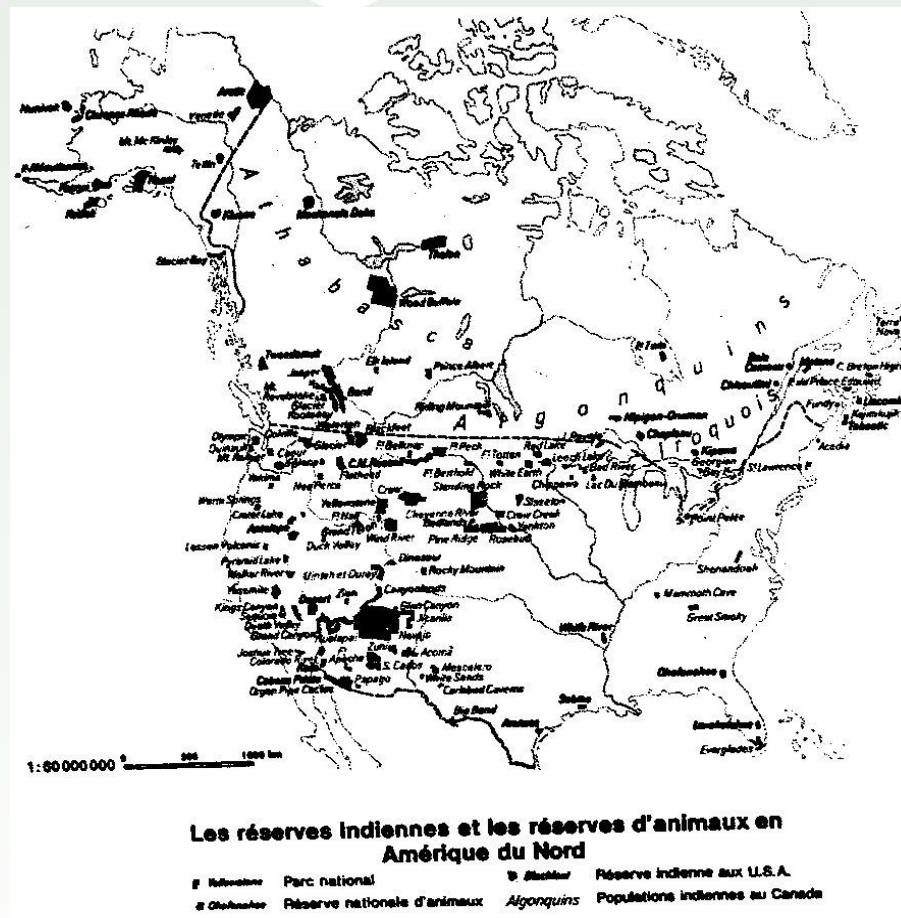


Anamorphoses

Une carte qu'on aurait aimé ne pas voir ...

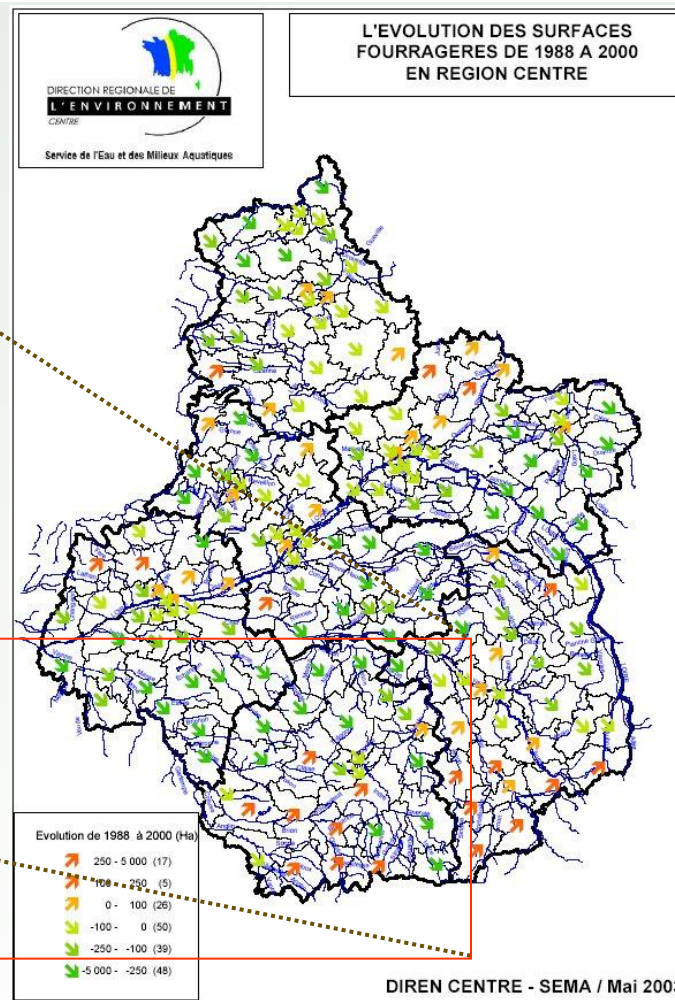
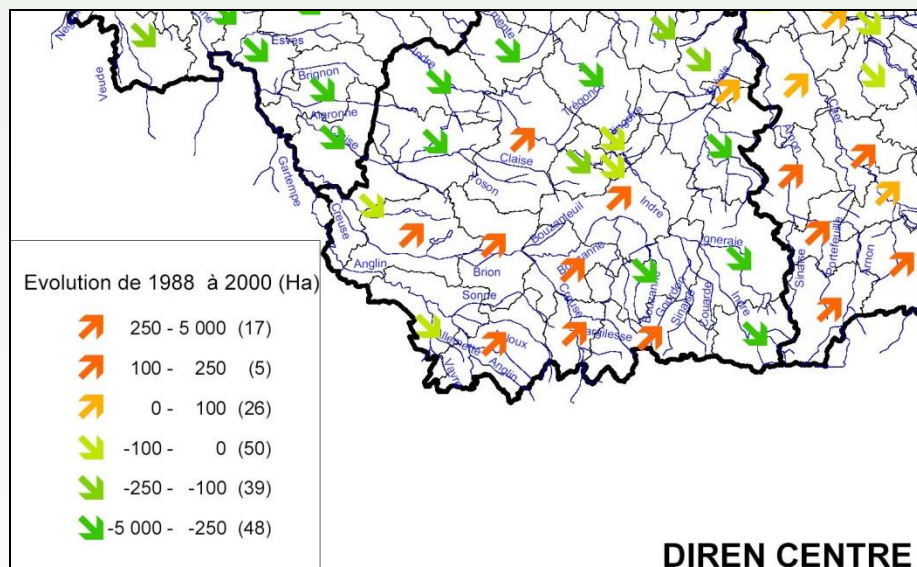
145

Document issu du
« **Nouvel Atlas Mondial** »
France-Loisir -Solar



Une carte qu'on aurait aimé ne pas voir ... (2)

146



La réalisation d'une carte - éléments

147

✚ Eléments indispensables :

- vue(s) cartographique(s)
- échelle
 - algébrique /graphique
 - expression graphique de l'échelle : INDISPENSABLE
- légende(s)
- orientation
- titre

✚ Eléments éventuels :

- règles et repères
- textes divers (commentaires, copyright, etc.)
- logos

La réalisation d'une carte - édition

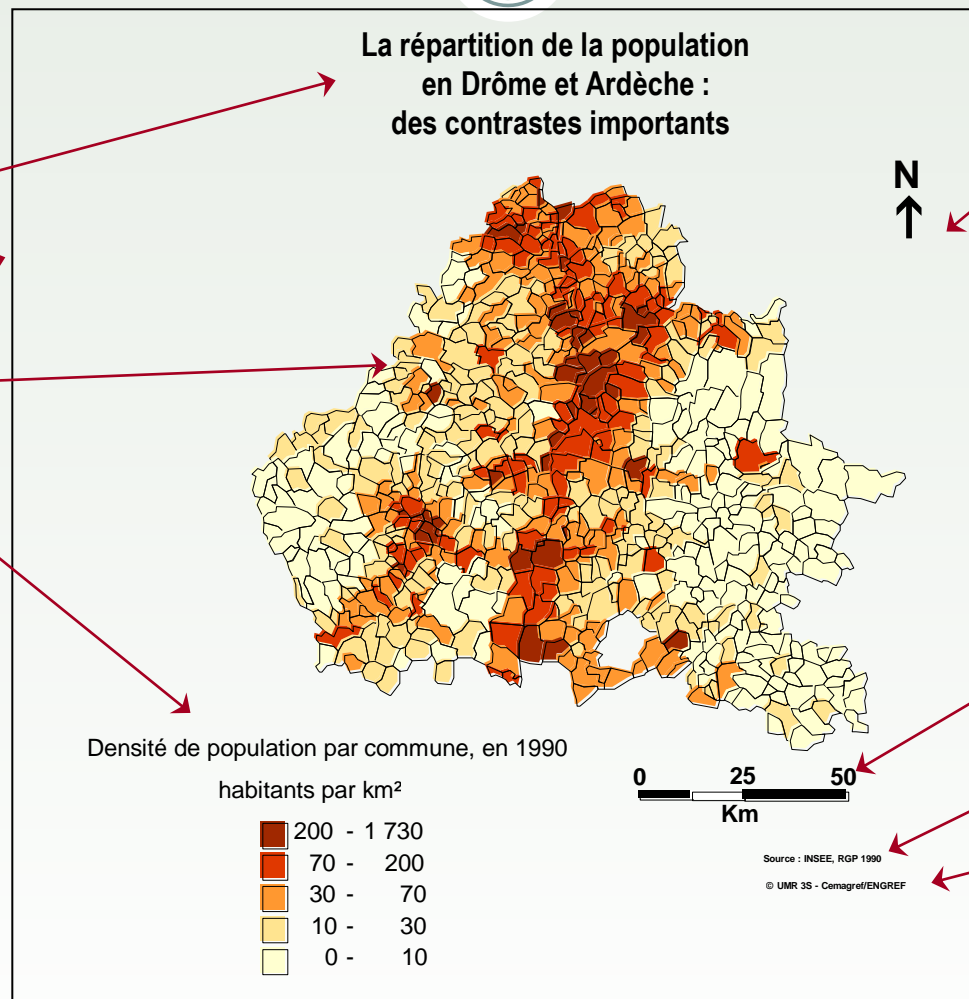
148

- ✚ Mise au point de la (des) vue(s) cartographique(s)
- ✚ Mise en page et composition
 - Choix typographiques (titre et textes)
lecture texte / lecture graphique polices / attributs
 - Position des éléments complémentaires
- ✚ Destination
 - Tirage papier, mise en ligne
 - Exportation (intégration dans un document externe)

La carte - composition

149

- le titre
- le cadre
- la carte
- la légende



l'orientation

l'échelle

les sources

l'auteur